5/6/61
EXU

岡 山 大 学
農学部学術報告
第17号

SCIENTIFIC REPORTS
OF THE
FACULTY OF AGRICULTURE
OKAYAMA UNIVERSITY
No. 17

昭和36年3月
MARCH 1961

岡山大学農学部発行
PUBLISHED BY THE FACULTY OF AGRICULTURE
OKAYAMA UNIVERSITY, OKAYAMA, JAPAN

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/scientific-reports-faculty-of-agriculture-okayama-uni_1961-03_36_17

目　　次

清　久　正　夫：昆虫の繁殖能力・生活力及び抵抗力の世代的変動に関する考察……1

小　橋　英　夫：土壌の水分恒数に関する統計的考察……9

岩　村　通　正：アカマツ・クロマツ種間雑種における形態学上の特性
（第1報）外部形態と針葉の内部形態との比較……19

目　瀬　守　男
福　田　　　稔：農業機械化の経済的意義に関する研究
（第5報）耕耘機と役畜の経済性比較……27

米　田　茂　男：干拓地土壌に関する研究
（第16報）海底土及び干拓地土中の酸化性硫黄の含量と土壌反応の変化の迅速測定法について……39

湯　原　正　高
和　田　　　宏：牛および山羊に於ける乳腺拡散因子……47

須　藤　　　浩
西　松　一　郎：レンゲの飼料価値に関する研究
（第1報）レンゲの化学成分並びにそのエンシレージ調整と品質について……53

Contents

KIYOKU, M. :
Consideration on the Variation in Biotic Potential, Viability and Tolerance of Insects by the Different Generations. ······························· 1

KOBASHI, H. :
Statistical Considerations on Soil-moisture Constant. ··························· 9

IWAMURA, M. :
Morphological Features in Interspecific Hybrids between Pinus densiflora and P. Thunbergii.
I. Comparision of External Features and Interior Tissues of Needle. ···19

MESE, M. and FUKUDA, M. :
Studies on Economical Meaning of Mechanization on Agriculture.
V. Economical Comparison of the Utilization of Small Tractors and Draft Cattle on Farm. ···27

YONEDA, S. :
Studies on Polder Soils in Japan.
XVI. Rapid Method for Determining Oxidizable Sulfur and Change of Soil Reaction of Sea Muds and Polder Soils. ···········39

YUHARA, M. and WADA, H. :
Mammary Gland Spreading Factor in Cows and Goats. ························47

SUTOH, H. and NISHIMATSU, I. :
Studies on the Feeding Value of Chinese Milk-Vetch.
I. On the Chemical Composition of Chinese Milk-Vetch and the Quality of Chinese Milk-Vetch Silage. ·······································53

昆虫の繁殖能力•生活力及び抵抗力の世代的変動に関する考察*

清 久 正 夫

Considerations on the Variation in Biotic Potential, Viability and Tolerance of Insects by the Different Generations.

Masao KIYOKU

Variations in egg-number deposited per female, sex-ratio, duration of growth period of insects, survival-rate during growth period, body weight and heat-tolerance of adults have been observed under environmental conditions both constant and variable. Experimental materials were Azuki-bean weevils, *Callosobruchus chinensis*.

(1) When the environment under which insects develop is constant, some of the above described six physiological characters are variable according to different generations. That is to say, heat-tolerance considerably increases in the third and sixth generation. Egg-number and survival-rate show temporary decrease in the second and third generation, respectively. Body weight, sex-ratio and duration of growth period, however, are constant in all generations. Variation-coefficient in heat-tolrance decreases with the increase in heat-tolerance (median lethal time). That in egg-number deposited and survival-rate increase with the decrease in both characters.

(2) Considering the mean and variation-coefficient of insect characters, it may be assumed that the cause of the changes in the characters when the environment is constant is not to be attributed to the changes in environmental temperature and humidity, but rather to the changes in the physiological conditions of the insect itself : (a) The increase in heat-tolerance is assumed to be due to the fact that by the extinction of individuals of weaker viavility and tolerance during their growth periods, the tolerance of insect population becomes homogeneous and high. (b) The decrease in egg-number and survival-rate is presumed to be due to the fact that the fecundity and viavility of certain individuals in insect population decrease on account of the harmful effect of inbreeding, which causes the fecundity and viavility of the entire population to become heterogeneous and low.

(3) When the environmental conditions are variable by the different seasons, the variations in egg-number, duration of growth period, survival-rate during growth period and body weight of adults seem to depend upon the changes in environmental temperature. Strictly speaking, however, the variation in the characters does not depend upon the environmental temperature alone, but the characters such as sex-ratio, survival-rate and heat-tolerance are modified by some physiological changes in the insect itself or the after effect of environmental factor in parent generation.

(4) Variation-coefficient of the characters does not so frequently change as the mean value, when the environmental conditions of the insect vary. However, those of two characters, i. e. egg-number deposited and heat-tolerance are variable by the

*本報文は昭和35.10. 日本昆虫学会第20回大会講演の後半分のデータを整理したものである.

different seasons. The increase in variation-coefficient of egg-number may be due to the fact that the insect population becomes heterogeneous in regard to its fecundity, whearas the decrease in that of heat-tolerance is presumed to be attributed to the fact that the population becomes homogeneous in regard to tolerance of the insect to temperature by the environmental temperature.

緒 言

昆虫の繁殖能力，生活力や抵抗力は実験観察時の誤差，個体群構成個体の変異，環境の差異によつて常に一定でない．それらの環境要素に対する関係は従来研究も多く種々の昆虫について種々の知見が明らかにされているが，[1,6,7] 逆に環境要素が一定であればそれら性質は昆虫の種類によつて大体定まつているように考えられがちである．筆者は近年アズキゾウムシを用い人為的防除処置（殺虫剤処理や高低温処理）をほどこした害虫個体群の生き残り個体の繁殖力や抵抗力がその後どのような変化を示すかについて研究を続行していたが，[2,3] そんな処置をしないもの（実験区に対する対照区である）でも其の後の世代に予想外の変化を示す場合があつたので，特に環境条件や其の他の条件が一定と考えられる場合に昆虫諸性質が世代の推移に伴ない何か方向性のある変動を示すか，その変動の程度は環境条件が変化する場合の変動の程度とどのくらいの差で，生物学的に意義があるかの調査研究を企てた．

I. 実験材料及び方法

供試材料としてアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* を用いた．これらの飼育法は小豆約100個を入れた 9 cm のシャーレ内での雄雌1対の飼育であつて2種の実験区からなる．其の1は条件一定のもとの飼育区でいわゆる定温器飼育，その2は環境条件が季節的に変動するもとの飼育区でいわゆる飼育室内飼育である．

条件一定のもとの飼育区は，はじめ 30°C. 定温器内で飼育中の材料から任意に雄雌1対を取り出し交配して産卵せしめ，それらの卵75個を 30°C.-75% R.H. の定温器内で発育せしめ，羽化脱出した成虫の内より任意に雄雌15対を交配産卵させて実験区の親の代に当てた．次代は上記15対の飼育区の内の任意の1区から羽化する成虫中から任意に雄雌15対を交配して F_1 代に，以下同様15対中の任意の1対から出た成虫を次代の材料としている．よつてかなり近親交配であると考える．

条件が変動するもとでの飼育区は，はじめは 30°C. 定温器内で飼育中の材料から任意の雄雌1対をとり実験室の棚の上にてシャーレ内で産卵させた．この卵から羽化脱出させた成虫の内から任意の雄雌15対をとり出して交配産卵させ，これをこの実験区の親の代とした．次代は以下同様15対中の任意の1対から出た成虫を次代の材料としている．各世代における交配は上記の条件一定のもとの飼育区の交配と同様であるが，この飼育区は実験室内であるから環境が季節の推移に伴つて変化をしている点が前と異なつている．

毎世代観察した昆虫の繁殖能力，生活力及び抵抗力に関する性質は1雌当りの産卵数，性比，発育期間（日），発育率，成虫の体重，成虫の熱抵抗の6種であつて，その調査方法は前報[3,4]と同様であるから細部は省畧する．これらの性質を現わす代表値は発育期間と熱抵抗以外はすべて平均値（15区の）．発育期間はプロビット解析にもとづいた産卵中央日と羽化中央日の間の日数，熱抵抗はやはりプロビット解析から得た中央致死時間である．なお各種性質の同一標本内の個体

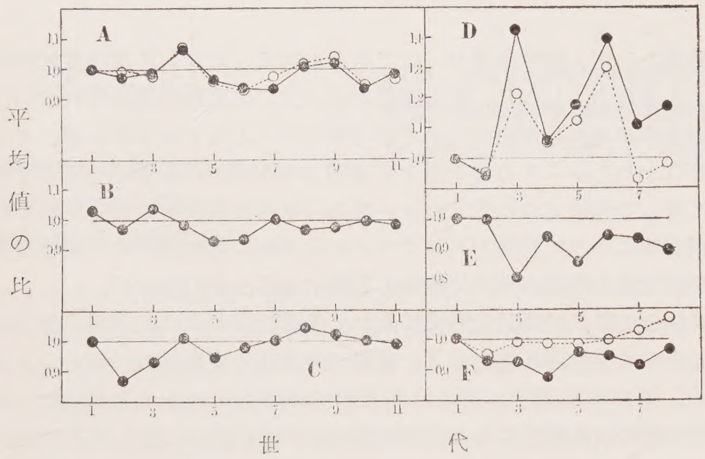
変異に注意しこれを示すに標準偏差を算出した．

上記平均値（又は中央値）及び標準偏差の世代的変動を現わすに便なため，前者は親の代の平均値（中央値）を1.00としこれに対する毎世代の平均値（中央値）の比を，後者では変異係数（σ/m）を用いた．

II．実験成績の分析及び考察

A．環境条件一定の飼育区． 調査した各種性質の平均値（又は中央値），第1世代の平均値（中央値）に対する各世代の平均値（中央値）の比，標準偏差及び変異係数を示す表は紙面の都合で掲載を省畧し，説明に必要な部分のみを図として示すこととする．

先ずこの飼育区の各世代の平均値（又は中央値）の比率を縦軸に世代を横軸にとつて，それらの比が世代的に変動する状態を示したのが第1図である．

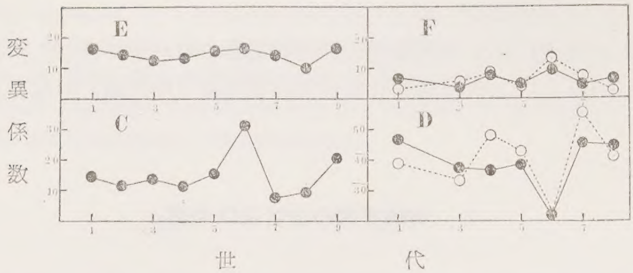


第1図．環境条件一定の飼育区の各種性質平均値の比率の世代的変動．
A．発育期間，B．性　比，C．産卵数，D．熱抵抗，E．発育率，F．体　重．

第1図より世代の推移に伴なう各種性質の変動状態を調べると，変動が大きいと思われるものは熱抵抗であり，比較的小さいと思われるものは発育期間，性比，雌の体重である．発育率や産卵数及び雄の体重の変動はその中間に属する．この研究においてどの程度の変動があれば生物学的に意味があるかを決定することはむつかしいが，仮に基準より10％以上の変動を変動に意味があるものとして議論を進めることにする．

性比，発育期間，雌の体重は上記標準からすれば世代の推移にしたがい変動するとは考えられない．然し産卵数は2世代目に，発育率は3世代目に減少が認められ，同じ論法で雄の体重も4世代目に減少を認めることが出来る．すでにのべたように熱抵抗の変動は上記標準によつてこれまでにあげた性質の変動より大きい変動であると言うことが出来る．雄では3世代目に40％以上の増大を示しその後は復原するが6世代目に再び40％に近い増大をあらわす．雌の場合にもこれと大体同じような趣を示す．次に各種性質の変異の世代に伴なう変動を調べるため，変異係数を縦軸に世代を横軸にとると第2図が得られる．

第2図によりこの場合も10％以上の変動を標準として論ずると，体重の変異係数には雄も雌



第2図．環境条件一定の飼育区の各種性質の変異係数の世代的変動．
C．産卵数，D．熱抵抗，E．発育率，F．体　重．

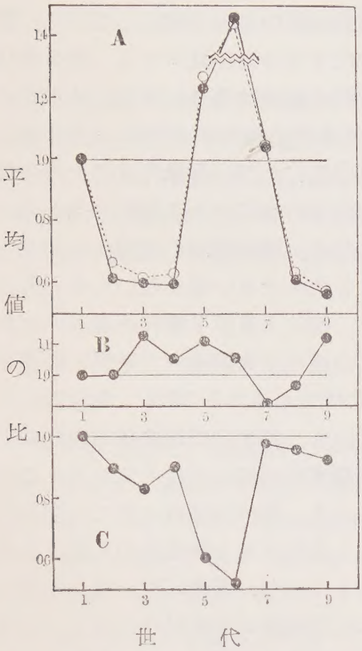
も世代的変動がないものと考えられるが，発育率は3世代目に産卵数は2世代目にそれぞれ変動が認められ，前者は其の後9世代と11世代に再び増大するが後者は3世代以降大した増減がない．熱抵抗の変異係数は全体として変動が大きいが特に雄の4世代と8世代，雌の3世代の減少が顕著である．

結局この実験結果として，環境条件が一定であると考えられても各種性質に世代的の変動がないとは言えないこととなる．しかし，其の変動には一定の方向性は認められない．産卵数の減少や，発育率及び雄体重の減少の原因についてはくわしいことはわからないが，この実験が比較的近親交配の下で行なわれたからその害が昆虫の繁殖力や生活力に影響をもたらす結果でないかと思われる．これに対して熱抵抗の比較的大きい増加の原因は実験時に充分注意したとは言え産卵数や発育率等の調査時に比べて誤差が入りやすいから不知の間に或はその影響を受けたかも知れないので今の所熱抵抗増加の真の原因は簡単に説明することが出来ない．

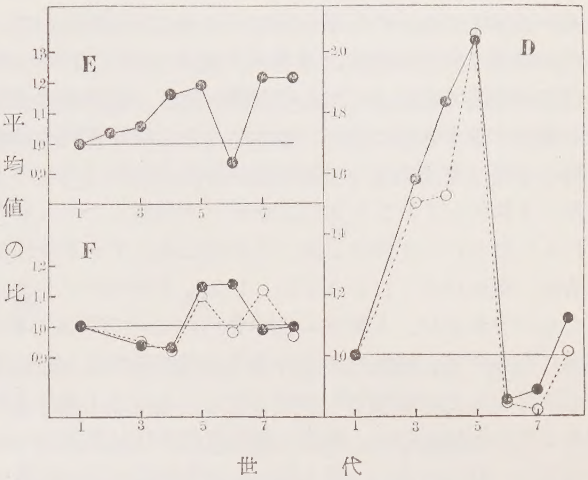
そこで更に変異係数の世代的変動を考慮に入れて各種性質の世代的変動の原因を論ずると，産卵数や発育率が減少する世代即ち前者は2，後者は3世代に変異係数が増大すると言う現象を認めることが出来る．もちろん厳密に言えば11世代の発育率の減少と変異係数の増大とが一致しない例も見られるが理論的に考えて見ると両性質は平均値の減少に対し変異係数が増大するという相対的関係を持つ様に思われる．これはそれらの変動が温度などのような環境要素の変化の影響によらず，前にのべた近親交配の害などのような昆虫の生理的変化の影響によつて個体群構成個体の一部に産卵数少なく発育率が低い個体がまじり全体として個体群の産卵数及び発育率が不斉になつた結果であろうと考える．これに対して熱抵抗の場合は熱抵抗の増大（中央致死時間の増大）する世代特に雄も雌も3世代に変異係数が減少している．6世代以後ではそんな関係が余りはつきりしないが若しこの実験で3世代に中央致死時間が増大し変異係数が減少する事実が誤差でなく，生物的現象であれば，環境条件が一定のもとでも交配のいかんによつて生活力又は抵抗力の弱い個体が発育期間中に消滅し（第1図Eによれば発育率が減少していることと一致する），強い個体の比較的そろつたものの集団が出来る結果であるまいか．

B．環境条件が変動する飼育区．この飼育区はかなり近親交配ではあるが害虫の普通の飼育室飼育と大体同様な飼育区であつて世代により季節が違うのだから各種性質に変動が認められることは予想されたが，(1.5) この場合には変動の状態や程度が研究課題となる．

実験成績の表示及び増減の標準はA項の場合と同じ要領で実施された．先ず各種性質の平均値（中央値）の第1世代の値に対する各世代の比率を縦軸に，世代を横軸にとつて各種の性質が世代の推移に伴ないどの様に変動するかを示したのが第3及び第4図である．



第3図．環境条件が変動する飼育区の各種性質平均値の比率の世代的変動．
A．発育期間，B．性比，C．産卵数．



第4図．環境条件が変動する飼育区の各種性質平均値の比率の世代的変動．
D．熱抵抗，E．発育率，F．体　重．

第3及び第4図に示される縦軸は第1図のそれと同じスケールであるから，これらの図形を直接比較することが出来るが，第3及び第4図の変動は第1図に比べて一般に大きい．その内で最も変動が小さいと考えられる性比でも基準より10％以上の変動がある．この理由はすでにのべた様に世代によつて環境条件が違うから当然であるが今各世代の季節（月）を示すと大体，1と7世代は5月～6月，2と8世代は7月，3世代は7月下旬～8月上旬，4世代は8月下旬～9月，5世代は10月，6世代は10月中旬より翌年5月中下旬にわたる期間に当たり，環境要素の内平均温度を示すと第1表のとおりであつた．

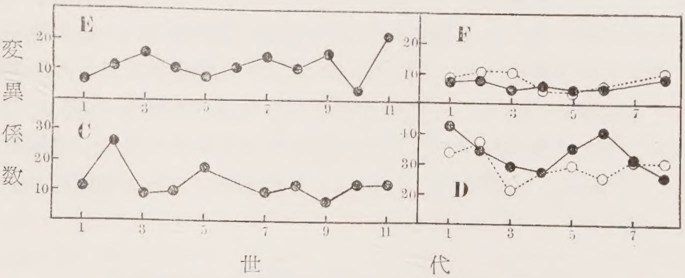
第1表．発育期間及び産卵期間内の平均温度

世　代	発　育　期　間	平均温度	産　卵　期　間	平均温度
	(1959)		(1959)	
1	5月26日 ～ 6月29日	21.8	6月28日 ～ 7月5日	26.7
2	7月1日 ～ 7月22日	26.7	7月24日 ～ 7月30日	27.9
3	7月27日 ～ 8月15日	27.6	8月21日 ～ 8月27日	28.5
4	8月25日 ～ 9月13日	28.6	9月16日 ～ 9月23日	23.8
5	9月19日 ～ 10月31日	18.9	10月30日 ～ 11月10日	15.8
	(1960)		(1960)	
6	11月1日 ～ 5月20日	7.5	5月23日 ～ 5月31日	19.2

A項において各種性質の意味のある変動が認められなかつた所の発育期間，性比，雌の体重といえどもこの場合には顕著な変動を示し，その変動は第1表の温度から考えて性比以外は発育期間中の環境温度に支配されて変動する様に見える．これに対して性比は3，5，9世代に増加が

見られるがこの事実は8月以降秋期に出現する昆虫群に雌の割合が多いことを現わしている．但しその原因は明らかでない．産卵数は世代の推移に伴ない6世代までは大体減少する．第2世代の減少はA項においても認められたのでこれは別として，3世代の減少は8月の高温，4世代の僅かの増加は9月の適温，5世代の減少は10月下旬の低温，6世代の減少は秋季から翌年春にかけての低温に支配されたものと思われる．発育率は世代の進むにしたがい5世代まで上昇の傾向を示すが第6世代に大きい減少がある．第6世代は秋季より翌年の春にわたる期間に当たるから特に冬季の寒気によつて発育の割合が少なかつたものと思われる．所が環境の立場からすると1及び2世代と7及び8世代は季節が大体同じだから発育率にも余り大きい差がないものと考えられるにかかわらず実は1及び2世代が低く7～8世代が高い．特に1及び2世代の発育率が比較的低い理由がよくわからない．しかし7世代のすぐ前の世代の昆虫は実験室内で寒気に曝露されたものであるが，1世代の前の世代はこの実験区の最初の世代であるから30°C．定温器内で経過したもので，両世代の前の世代の環境条件は大変に違つている．前代の環境要素が当代に影響を及ぼすことが前報[3.4]で知られているので1及び2世代の発育率の低いのはそんな所に原因があるのかも知れない．最後に熱抵抗の世代的変動についてのべる．世代の推移に伴なう熱抵抗の増加は一般に大きい．第1表の各発育期間の平均温度の変動と比較すると熱抵抗の変動は大体温度の低い世代には弱く，温度の高い世代には強くなつているようだが，厳密に言えば5世代は平均温度が4世代より大分低いにかかわらず熱抵抗が強い．これは環境の温度以外の何らかの原因によるものと思われるが，この点を除けば熱抵抗は環境温度の変動の支配をうけて変動するものの様である．[5]

次に各種性質の変異係数の世代的変動を調べるためにA項の第2図と同様にして第5図を作成した．



第5図．環境条件が変動する飼育区の各種性質変異係数の世代的変動．
C．産卵数，D．熱抵抗，E．発育率，F．体　重．

第5図によれば変異係数の世代的変動は平均値（中央値）の変動が大きいのにそれほど大きくはない．この場合にも変動の標準を10％以上とすると体重は最大の変動で8％以内，発育率はA項では3世代目に有意の増加が見られたのにかかわらず何れも10％以内の小変動であるから両性質の世代的変動は無視することが出来る．産卵数も6世代を除けば大きい変動があるとは言えない．6世代の産卵数の変異係数の増加はこの世代の発育期間が冬期を経過する為に発育中に死亡するものが多く，羽化出現し得た個体群が産卵力に関して不均一になつているからであろう．熱抵抗は上と趣が異なる．即ち雄では1世代に比べて3，4世代及び6世代特に6世代の減少，雌では特に6世代の減少が明瞭である．これら世代の気温を考慮すると，それが中庸の値を示す世代1及び7世代（5～6月），4又は5世代（9～10月）では変異係数が大きいが気温の高い時（3世代＝8月）や低い時（6世代＝冬季間）はそれが小さい．この事実は昆虫が発育中

に高温又は低温による淘汰作用を受け抵抗力の比較的そろつた個体群となる場合があるからであろう.(5)

以上の結果から環境が世代的に変動するもとにおける昆虫の各種性質は大体気温の変動に伴つて変動すると考えられるが厳密に言えばそうでなく特に性比，発育率及び熱抵抗には例外が認められる．これら例外のおこる原因は前代の環境の影響，或は交配関係から昆虫自身の生理的変化の影響などの様に思われる．なお変異係数の変動は環境要素の変動する際比較的少ないが環境条件が大きく変動して個体群の構成を変化させるようなときには意味のある変動を示すものと考えられる.

Ⅲ．結　論

昆虫の繁殖能力，生活力及び抵抗力をあらわす6種の性質即ち1雌当りの産卵数，性比，発育期間，発育率，体重及び成虫の熱抵抗の世代的変動を調べた結果，環境条件が一定であつてもそれらが常に一定ではなく世代的変動を示す場合がある．特に変動のひどいのは熱抵抗であつて世代の推移にともない大きく増大するが，その変動に一定の方向性がなくまもなくもとにもどる．次は産卵数，発育率で2世代又は3世代に一時的な減少が見られる．雌成虫の体重では4世代に多少の減少があるが雌成虫体重や性比，発育期間は余り大きい世代的変動を示さない．上記実験における6種性質の標本内個体変異の世代的変動（変異係数をもつて示す）は諸性質（平均値で示す）が余り変動しない時にはあきらかな変動が見られないけれども前者が変動するときは明らかな変動を示し，熱抵抗の増大に対してはこれが減少し，産卵数と発育率の減少に対して増大する方向を示した.

環境条件一定の場合にかような平均値及び変異係数の変動する理由はくわしくはわからないが，これは温湿度のような環境要素の影響によるのではなくて，昆虫自体の生理現象の変化によるものと思うが，熱抵抗の場合には交配の関係で生活力や抵抗力の強くない個体が発育中に消滅しより強い個体のそろつた集団となる結果と考えられ，又産卵数や発育率の場合は近親交配の害のような生理的原因で産卵数が少なく発育率も低い個体が個体群中に多く混在する結果であろうと考えた.

上記の成績に対して環境条件が季節的に変動する場合は6種性質は何れも明らかな変動を現わすが中でも産卵数，発育期間，体重，発育率の一面の変動は環境要素の内の温度の変動に依存しているように見える．しかし厳密に言えばかならずしもそうでなく特に熱抵抗，性比，発育率の変動の一面には更に前世代に経験した環境の影響やその他の複雑な生理的現象が関係するようである.

環境条件が季節的に変動する場合の各種性質の変異（変異係数）の世代的変動は各種性質の代表値即ち平均値（又は中央値）の変動が大きいのにかかわらず一般に小さい．6種性質の内の産卵数と熱抵抗の変異係数に明らかに変動が見られるにすぎず，前者は6世代即ち冬季をへて5月に羽化したものに見られ，後者は3～4世代即ち夏季の高温時及び6世代即ち冬季を越したものに認められる．かような産卵数の変異係数の増加は低温の為に個体群中の一部の個体が発育中に死亡し個体群が産卵力に関して不斉一になつたためであり，熱抵抗の変異係数の減少は高温や低温が昆虫の発育中に強くない個体を淘汰してその結果熱抵抗に関してそろつた個体からなる個体群が生じたためであると考えた.

引 用 文 献

1) Andrewartha, H.G. & Birch, L.C. (1954) : *The distribution and abundance of animal*, Univ. Chicago Press, Illinois. 129～205.
2) 清久正夫・王木元 (1959) : 岡山大学農学部学術報告 **14** : 1～5.
3) 清久正夫・柚木恒裕 (1960a) : 岡山大学農学部学術報告 **15** : 11～17.
4) 清久正夫 (1960b) : 岡山大学農学部学術報告 **16** : 25～32.
5) 清久正夫 (1957) : 防虫科学 **22** : 199～205.
6) Messenger, P.S. (1959) : Ann. Rev. Ent. **4** : 183～206.
7) Wellington, W.G. (1957) : Ann. Rev. Ent. **2** : 143～162.

土壌の水分恒数に関する統計的考察

小　橋　英　夫

Statistical Considerations on Soil-moisture Constants.

Hideo KOBASHI

INTRODUCTION

When the irrigation plan on a given field is made, the moisture constants of the soil in the field will have to be determined as one of the factors deciding the volume of water that the crops require. Especially, field capillary capacity and permanent wilting coefficient are very important in order to compute the available water of the soil for crops, as that is the difference between above two moisture constants. Since there is one or more measuring methods for each of the five soil-moisture constants, and it is difficult for the measuring condition to be given uniformity, even one moisture constant is always changing at several values. Therefore, if the mutual relationships of those constants are determined distinctly, some of the constants will be calculated from others. From this view point, several relations between some constants have been clarified by soil scientists.

Soil-moisture constants are as follows, in the order of moisture ratio in soil: maximum water-holding capacity, field capillary capacity, moisture equivalent, permanent wilting coefficient and hygroscopic coefficient. However, it is so difficult for the permanent wilting coefficient to be measured that it has been determined from the moisture equivalent by using a Briggs and Shantz's equation

$$W_p = ME \,/\, 1.84, \quad \cdots\cdots (1)$$

where W_p : permanent wilting coefficient,

ME : moisture equivalent.

Although the moisture equivalent has to be measured by a centrifuge, if it is not equiped in the field, the moisture equivalent must also be determined from the other moisture constants. For this reason, Briggs and Shantz have suggested another equation

$$ME = 0.635\,(C_{max}-21), \quad \cdots\cdots (2)$$

where C_{max} is the maximum water-holding capacity. Thus, the permanent wilting coefficient is determined from the maximum water-holding capacity one ofter another. But it is not certain whether these relationships, equs. (1) and (2), are appropriate or not for application in Japan, because they were conducted from the experiments which were carried out in foreign countries.

In this report, the relationships between some measuring methods of these constants and the mutual relationships between some constants will be crarified from statistical procedure.

METHODS OF MEASUREMENTS

As to the value of a soil-moisture constant measured in the laboratory, the term "minimum moisture-holding capacity" is often used instead of the term "field capillary

capacity", and they are nearly equal, hence the former term will be used in the following discussions.

The maximum water-holding capacity of a given soil, which is usually expressed as a per cent of the dry weight of the soil, is the weight of the water in the soil saturated by capillary water, and it is equal to the weight of the water in the soil which is contacting the ground-water surface. The field capillary capacity, namely, the minimum moisture-holding capacity, of a given soil is the maximum amount of moisture that the soil holds against the force of gravity, and it is equal to the moisture of a well-drained soil, also expressed as a per cent.

For the measurement in the laboratory, two methods for determination of each of these two constants are popular in Japan ; one is the method which has been proposed by Hilgard, and the other is the method which has usually been used in Japan. In this paper, the former will be called "Hilgard's method" and the latter, "cylinder method".

In the Hilgard's method, a round pan of 1 cm height and 25 cc capacity is used, and there are many holes at the bottom. It is filled with an air-dried soil, and is put in water of 1 mm depth for a period of 1 hour, and then the weight of the water which is absorbed in the soil, expressed as a percent of the dry weight of the soil, is weighed, and this is the maximum water-holding capacity. On the other hand, a new pan is put in the same manner, and then, the top of the saturated soil in the pan is covered with the same kind of dry soil. When the covered soil absorbs the water from the saturated soil, it is cut off the original body, and the top of the soil in the pan is covered again by the soil which is saturated by hygroscopic moisture. After this is again cut off, the weight of the water remained in the soil in the pan is weighed, which shows the minimum moisture-holding capacity.

In the cylinder method, two glass cylinders are joined, each 5 cm height and 5 cm diameter. This compound glass cylinder is filled with an air-dried soil, and its bottom end is immersed in water of 5 mm depth for a period of 24 hours, and then, the weight of the water in the soil at the joint of two cylinders is weighed, and this is the maximum water-holding capacity. Then a new cylinder, which is immersed in the same way, is put upright upside down on the dry sand, 5 cm thick, for a period of 24 hours, and then, the weight of the water in the soil at the joint of two cylinders is weighed, which shows the minimum moisture-holding capacity.

The moisture equivalent, expressed as a per cent, is the moisture that a specified small portion of the given soil will retain against a centrifugal force of 1,000 times the force of gravity exerted on it for a period of 40 minutes. The water in the soil is under the influence of two forces ; one is centrifugal force and the other is the force of the soil particles which are pushing against each other. The pressure affected on the soil is so much dependent on the weight of the given soil that the weight of the soil must be determined when offered for the experimentation in accordance to the specific gravity of the soil, the moisture amount in the soil, the diameter of a Gooch crucible which is filled with the soil, and the number of rotations of the centrifuge. The experimentation has been carried out on the constant weight of the soil sample, up to the present, so that, in this experiment, the uniform weight, 5 grams, was chosen, and 3,150 *r.p.m.* of the centrifuge was adopted in order to create the force which is 1,000 times of the gravity.

Instead of the centrifuge, another method has been suggested by Dr. Seki. In this method, the soil sample, which is put in a Gooch crucible and is saturated by water, is sucked for a period of 20 minutes at −18 mm Hg, and the weight of the water which is still left in the soil is weighed. The weight converted into a per cent

of the dry weight of soil has been named by him "small moisture capacity", and its difference from the moisture equivalent has been clarified to be relatively small. This method will be called "sucker method" in this paper.

RESULTS OF MEASUREMENTS

The mechanical compositions of 30 samples which were brought in this experiment have been illustrated in Table 1. Most of these samples were clay and clayey loam.

Soil-moisture constants of these samples were determined by the methods described in the prior section, that is, the Hilgard's and cylinder method for the maximum water-holding capacity and the minimum moisture-holding capacity, the centrifugal method for the moisture equivalent and the sucker method for the small moisture capacity. These results have been illustrated in Table 2.

Table 1 Mechanical Compositions of Samples*.

Number of samples	Gravel	Coarse sand	Fine sand	Very fine sand	Clay	Type
	larger than 2.0 mm	0.25～2.0 mm	0.05～0.25 mm	0.01～0.05 mm	smaller than 0.01 mm	
1	22.70%	1.05%	6.25%	7.40%	62.60%	Clay
2	30.80	1.90	13.55	15.95	37.80	Clay
3	10.70	7.60	11.50	17.40	52.80	Clay
4	6.80	9.20	29.40	13.50	41.10	Clayey loam
5	13.30	10.70	14.00	14.20	47.80	Clay
6	33.00	3.75	16.25	20.20	21.80	Loam
7	7.75	24.25	19.90	18.70	29.40	Loam
8	3.90	30.40	21.50	10.90	33.30	Loam
9	16.60	18.80	15.30	15.20	34.10	Clayey loam
10	7.00	18.10	29.70	14.00	31.20	Loam
11	21.45	9.25	19.60	10.10	39.60	Clay
12	25.20	6.55	8.05	15.70	44.50	Clay
13	11.20	10.40	30.00	21.80	26.60	Loam
14	8.25	4.55	24.10	20.80	42.30	Clayey loam
15	17.10	20.10	7.80	10.90	44.10	Clay
16	18.70	25.50	11.40	9.70	34.70	Loam
17	8.70	16.60	11.10	14.60	49.00	Clay
18	0.65	0.95	12.55	21.05	64.80	Clay
19	0.10	0.80	4.30	15.80	79.00	Clay
20	0.05	0.75	2.90	13.10	83.20	Clay
21	33.50	2.25	7.15	17.50	39.60	Clay
22	8.25	7.55	11.40	19.80	53.00	Clay
23	7.75	7.10	6.50	17.05	61.60	Clay
24	11.80	2.40	6.30	13.50	66.00	Clay
25	47.20	5.60	3.80	7.40	36.00	Loam
26	2.00	5.20	21.65	14.05	57.10	Clay
27	9.20	7.80	11.95	10.05	61.00	Clay
28	25.70	13.05	10.50	6.85	43.90	Clay
29	0.40	5.70	11.90	18.50	63.50	Clay
30	0.50	5.20	11.00	16.00	67.30	Clay

* According to the standard of the Agricultural Society of Japan.

Table 2 Values of the Soil-Moisture Constants.

Number of samples	Maximum water-holding capacity		Minimum moisture-holding capacity		Moisture equivalent	Small moisture capacity
	Cylinder method	Hilgard's method	Cylinder method	Hilgard's method		
1	55.30	66.52	49.76	53.55	37.73	40.79
2	52.01	68.53	48.81	47.44	35.11	36.43
3	52.73	62.10	49.71	43.10	27.82	33.68
4	40.26	53.87	38.38	35.67	23.49	26.06
5	44.81	59.12	40.74	42.27	22.89	28.32
6	51.67	67.43	48.21	45.84	35.19	36.26
7	42.82	52.28	39.45	33.51	22.45	28.20
8	32.55	46.68	20.39	30.25	17.92	21.05
9	35.71	47.52	31.19	32.35	19.98	22.92
10	35.21	47.52	31.92	28.84	20.25	20.37
11	39.99	51.13	33.71	37.69	22.98	26.92
12	33.97	41.65	29.93	30.08	20.09	24.02
13	39.68	50.08	34.06	36.00	25.94	22.87
14	46.80	60.58	41.72	39.54	29.18	30.28
15	41.44	55.82	37.72	37.96	26.12	28.48
16	41.11	58.83	33.04	37.41	20.15	23.54
17	35.33	44.27	30.92	30.47	24.44	24.40
18	61.91	58.80	55.65	52.48	41.40	45.71
19	57.83	67.15	54.37	53.38	37.51	40.60
20	56.33	72.32	46.73	53.47	38.57	40.62
21	54.15	78.17	50.25	56.75	40.69	41.57
22	40.62	49.58	33.88	34.47	25.96	28.05
23	41.47	55.22	37.58	30.96	28.93	30.20
24	51.39	70.22	47.46	59.26	36.00	39.56
25	61.24	85.98	52.42	61.87	41.65	44.36
26	46.17	65.31	43.20	44.28	29.28	32.87
27	52.65	66.66	42.84	48.34	25.56	30.19
28	45.72	61.22	38.39	40.97	26.42	29.70
29	47.18	59.71	42.68	40.71	24.95	29.17
30	48.05	58.92	40.59	41.63	28.34	31.91
Mean	46.20	59.43	41.19	42.01	28.57	31.30

DISCUSSIONS

(a) Difference between the two measuring methods for the maximum water-holding capacity

The values of the maximum water-holding capacity of 30 samples varied from 32 % to 64% with the mean value of 46.20% in the case of the cylinder method, while according to the Hilgard's method, they varied from 41 % to 86 % and the mean value was 59.43 %, that is, the latter values were higher than the formers. As a purpose of this experiment was to investigate whether there was a difference between the values obtained by both methods, it was necessary for a test of significant of the null-hypothesis to be made. For substitution in the equation for t, it became 14.01

which showed that the probability of a larger value in sampling was less than 0.1 %, and the difference could be said to be significant. In other words, this indicates that the values of the maximum water-holding capacity differ very much by both methods.

This difference seems to be caused by the following reason. The height risen by the capillarity in soil changes exponentially against the time, according to the equation,

$$T=\frac{n\,h_c}{k}\left(ln\frac{h_c}{h_c-z}-\frac{z}{h_c}\right), \qquad (3)$$

where T : the time which is required until the capillary water rise to a given height, z,

h_c : ultimate capillary height in the soil,

n : porosity of a given soil,

k : coefficient of permeability.

Therefore, in the case of the Hilgard's method, as the thickness of soil is small, the amount of the water in the soil is larger than that in the case of the cylinder method, though the period of the immersion is shorter.

Taking these results into consideration, when we indicate the maximum water-holding capacity we will have to make clear by which method the value is measured. We will further, have to decide which method of the two is better for determining the maximum water-holding capacity. The present author wants to suggest that the value by the Hilgard's method is more adequate owing to its true meaning.

Table 3 Test for the Difference between Measuring Methods.

Item	Method	Mean	Difference	Covariance	for Hypothesis $\rho=0$	
					t	Probability
Max. water-holding capacity	Cylinder method	46.20	13.23	26.73	14.01	less than 0.1 %
	Hilgard's method	59.43				
Min. moisture-holding capacity	Cylinder method	41.19	0.82	19.26	1.024	less than 34 %
	Hilgard's method	42.01				
Moisture equivalent		28.57	2.73	3.57	7.942	less than 0.1 %
Small moisture capacity		31.30				

Table 4 Correlation of the Measuring Methods.

Item	X	Y	r	for $\rho=0$		Confidence limit for $P=95\%$	Regression line
				t	Probability		
Max. water-holding capacity	Cylinder method	Hilgard's method	0.866	6.857	less than 0.1 %	0.678~0.949	$Y=1.083(X+8.70)$ $X=0.693(Y+7.28)$
Min. moisture-holding capacity	Cylinder method	Hilgard's method	0.887	7.325	less than 0.1 %	0.723~0.955	$Y=1.082(X-2.37)$ $X=0.727(Y+14.62)$
	Moisture equivalent	Small moisture capacity	0.966	10.504	less than 0.1 %	0.909~0.987	[illegible] 0.97[illegible](X [illegible] 2.61) X=1.043([illegible])

Besides, r, the coefficient of correlation between two methods was 0.866 and it

seemed to be relatively high, as shown in Table 4. According to the test of the null-hypothesis for the coefficient of correlation of population, ρ, t became 6.857, which showed that the probability of a larger value in sampling was less than 0.1 %, thus this value of the coefficient of correlation was very significant. Assuming each value is the sum of some constant number of elements which are sampled at random from a homogeneous population, it may be asserted that 87 % of the number of the elements involved in measured values is common to the two methods, that is, 87 % of elements is associated with the adsorptive force by capillarity, and that the remaining 13 % is attributed to errors of measurement, sampling variation and other uncertain causes.

(b) Difference between two measuring methods for the minimum moisture-holding capacity

As shown in Table 2, the range of this constant for the 30 samples was from 29 % to 56 % and mean value was 41.19 % by the cylinder method, while in the case of the Hilgard's method, the values varied from 28 % to 57 % and mean value was 42.01 %, that is, the values measured by two methods were almost equal. In the same way as before, when the null-hypothesis was examined, we got t = 1.024, which showed that the probability of a larger value in sampling was less than 34 %. This indicates that we are permitted to use either the Hilgard's method or the cylinder method when we want to know the minimum moisture-holding capacity.

Besides, r, the coefficient of correlation between two methods, was 0.887, as shown in Table 4. According to the test of the null-hypothesis for the coefficient of correlation on populations, t became 7.325, which indicated that the probability of a larger value was less than 0.1 %. In this case, it may be asserted that the common elements of the two methods are 89%, which are associated with the absorbing force of ions and the surface tension of water, and that the remaining 11 % are attributed to measuring errors and other uncertain causes.

(c) Relationship between the maximum water-holding capacity and the moisture equivalent

As shown in Table 5, the coefficients of correlation between the moisture equivalent and the maximum water-holding capacities which measured by two methods were 0.816 in the case of the Hilgard's method and 0.896 in the case of the cylinder method. The values of t based on the tests for null-hypothesis of the coefficient of correlation on populations were 5.948 and 7.538. This indicates that their probabilities of larger values in sampling are both less than 0.1 %, that is, there is very high correlation between two constants.

Briggs and Shantz's equation which shows the relation between these two constants is equ. (2), but in this experiment, the following two equations were founded, as shown in Fig. 1.

$$ME = 0.567\ (C_{max} - 9.0) \quad \cdots\cdots (4)$$

in the case of the Hilgard's method

$$ME = 0.778\ (C_{max} - 9.5) \quad \cdots\cdots (5)$$

in the case of the cylinder method

By the t-test of the regression coefficient in the equs. (4) or (5) for the coefficient in the equ. (2), t became 1.032 and 1.959, respectively, and the probabilities of larger values were less than 32 % and 8 %, so that, they should be inferred to be non-significant. And it may be said that the more experimented samples are, the

more the regression coefficients of these two equations approach the value of equ. (2).

According to the experiment which was carried out by Mr. Nakagawa, on the sandy soil, the regression coefficient was smaller than the value in equ. (2). Therefore, it will be conjectured that the relationship between these two constants is expressed as a quadratic equation rather than as a linear equation. I will intend to continue further examination about this point.

(d) Relationship between the minimum moisture-holding capacity and the moisture equivalent

As illustrated in Table 5, there was a very high correlation between these two constants, namely, the coefficient of correlation was 0.882 in the case of the Hilgard's method or 0.893 in the case of the cylinder method. By the test for the null-hypothesis of the coefficient on populations, t became 7.195 or 7.465, respectively, and they showed that both probabilities of larger values in sampling were less than 0.1 %. Thus, the following equations could be determined by the method of least squares, as shown in Fig. 2.

$$ME = 0.668\ (C_{min}+0.78) \quad \cdots\cdots (6)$$

in the case of the Hilgard's method

$$ME = 0.825\ (C_{min}-6.57) \quad \cdots\cdots (7)$$

in the case of the cylinder method

where C_{min} is the minimum moisture-holding capacity. In this case, the t-test of the regression coefficient for the hypothesis of zero or some particular value of population was not carried out, because it was recognized that the regression exist undoubtedly between two constants and the equation to be compared with as in the case of the maximum water-holding capacity has not been clarified. The confidence intervals for the slope of the regression line based on 5 % level were 0.550~0.786 in the case of equ. (6) and 0.665~0.986 in the case of equ. (7). If these experiments are repeated, the values of the slope will approach each other, thus, perhaps enabling us to get an appropriate regression line. But, as mentioned in the discussion (c), it may also be said that the relation between two constants is not linear but curved, so I want to continue the examination about this point.

Table 5 Correlation between the Moisture Equivalent and other Moisture Constants.

X	Y	r	For Hypothesis $\rho = 0$		Confidence limit for $P=95\%$	Regression line
			t	Probability		
Max. water-holding capacity *	Moisture equivalent	0.896	7.538	less than 0.1 %	0.751~0.960	$Y=0.778\ (X-9.46)$ $X=1.031\ (Y+16.22)$
Max. water-holding capacity §	Moisture equivalent	0.816	5.948	less than 0.1 %	0.572~0.929	$Y=0.567\ (X-9.02)$ $X=1.175\ (Y+22.02)$
Min. moisture-holding capacity *	Moisture equivalent	0.893	7.465	less than 0.1 %	0.736~0.959	$Y=0.825\ (X-6.57)$ $X=0.967\ (Y+14.03)$
Min. moisture-holding capacity §	Moisture equivalent	0.882	7.195	less than 0.1 %	0.712~0.955	$Y=0.668\ (X+0.78)$ $X=1.164\ (Y+7.52)$
Minimum moisture capacity	Moisture equivalent	as shown in Table 4				

* The values which measured by the cylinder method.

§ The values which measured by the Hilgard's method.

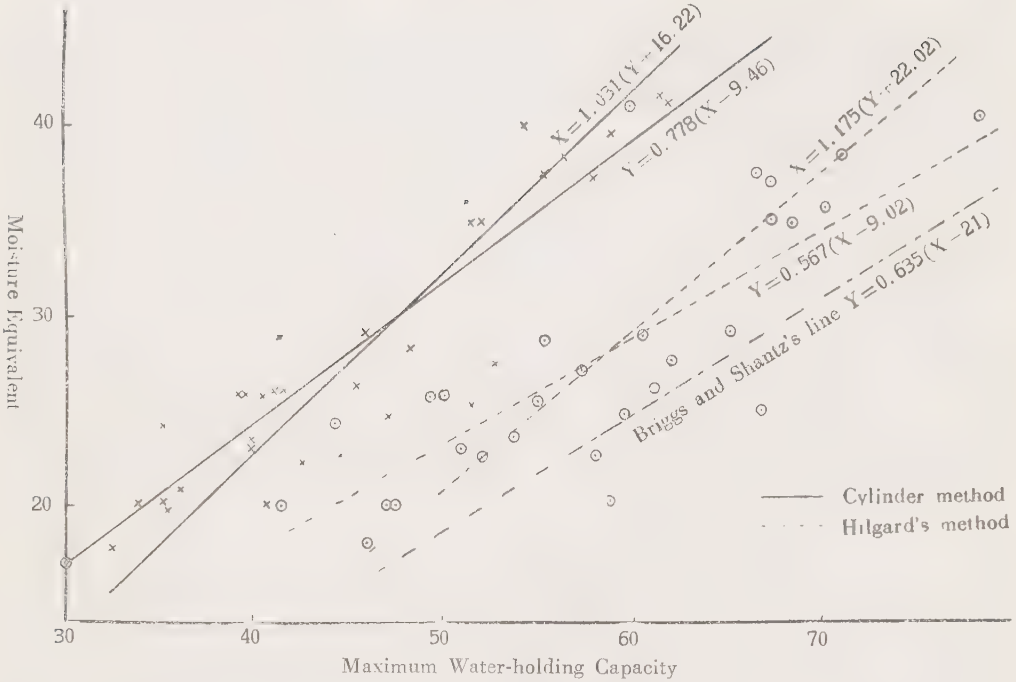


Fig. 1 Regression between Moisture Equivalent and Maximum Water-holding Capacity.

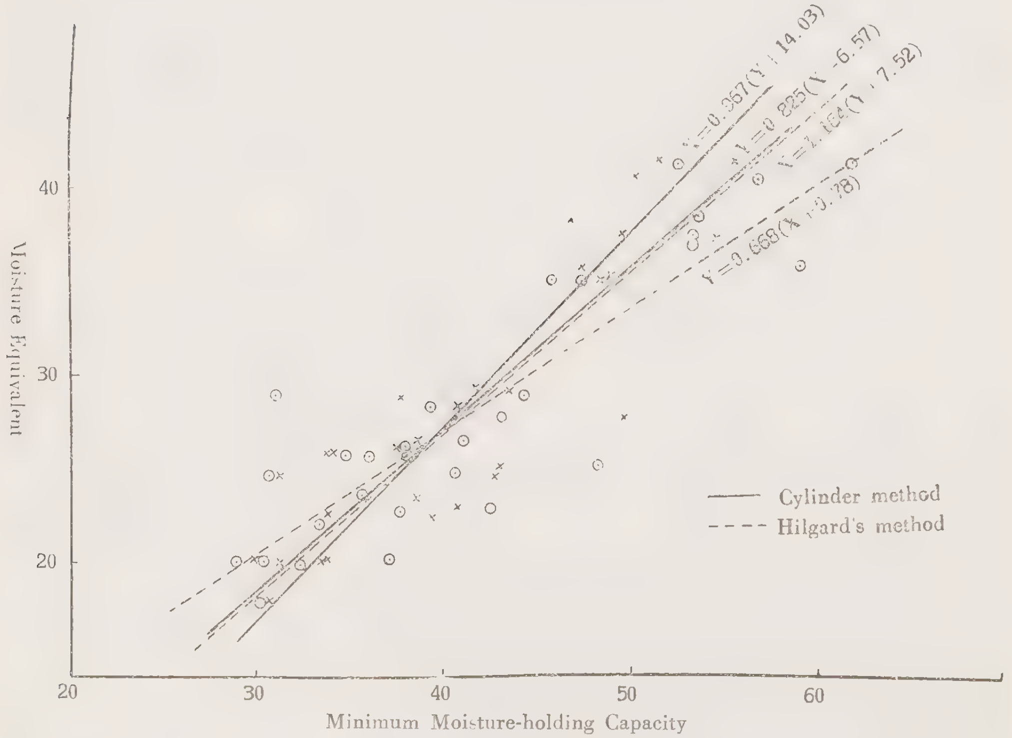


Fig. 2 Regression between Moisture Equivalent and Minimum Moisture-holding Capacity.

(e) Difference between the moisture equivalent and the small moisture capacity

It was a problem whether the small moisture capacity can be used as substitute for the moisture equivalent. If they are expressed as a value of pF, the moisture equivalent is the amount of the moisture in the soil which received the force corresponding pF = 2.7, while the small moisture capacity is the moisture in the soil which is subjected to the force of pF = 1.7. Thus it is a matter of course that the small moisture capacity is larger than the moisture equivalent.

In this experiment, as shown in Table 2, the moisture equivalents of 30 samples varied from 18 % to 41 % with their mean value of 28.57 %, and the small moisture capacities varied from 20 % to 44 % with their mean value of 31.30 %. According to the test for the null-hypothesis of the difference between population's means, t became 7.942, which indicated that the probability of a larger value is less than 0.1 %. Thus, the difference of 2.74 should be inferred to be very significant and the hypothesis should be deserted.

Besides, the coefficient of correlation between two constants was very high, 0.996, and the result of the t-test showed that t = 10.504, and the probability of a larger value in sampling was less than 0.1 %, as shown in Table 4. Therefore, the following equation which expressing the relationship between these two constants was obtained by the method of least squares:

$$ME = 1.043\ (SC - 3.91) \qquad (8)$$

where ME is the moisture equivalent and SC is the small moisture capacity.

Thus, the small moisture capacity can not be used as a perfect substitution for the moisture equivalent, but the latter can be calculated from the former by using the equ. (8). If the rough value of the moisture equivalent is permitted, it will be able to be calculated by substracting 4.0 from the small moisture capacity.

CONCLUSIONS

In this report, the relationships between the measuring methods for some soil-moisture constants and the correlations between some constants have been treated and described statistically. The major points are as follows:

1. For the measurement of the maximum water-holding capacity, there is a difference between the Hilgard's and the cylinder method, and considering the true mean of this constant, I want to recommend the Hilgard's method as a appropriate method measuring this constant.

2. For the measurement of the minimum moisture-holding capacity, the difference between two values measured by the two methods is not so much. Therefore, when we require to determine this constant, we may measure by either the Hilgard's or the cylinder method.

3. As there is such regression relationship between the maximum water-holding capacity and the moisture equivalent as equs. (4) or (5), which differ from equ. (2) a little, the moisture equivalent and the permanent wilting coefficient can be calculated from the maximum water-holding capacity.

4. There is such regression relationship between the minimum moisture-holding capacity and the moisture equivalent as equs. (6) or (7). Therefore, when we want to determine the available water amount in the soil only, we may save trouble by using these relationships.

5. The moisture equivalent can be determined from the small moisture capacity

by using the equ. (8). And for the reason of high correlation between these two constants, the moisture equivalent may directly be determined by (SC − 4.0) roughly.

6. It is conceivable that there is not a linear relation but a quadratic relation between the moisture equivalent and the maximum water-holding capacity or the minimum moisture-holding capacity. Therefore, I will intend to continue the investigation of this point.

Finally, I am very grateful to Professor Katayama of the Educational Department, Okayama University, for the correction of the sentences in this paper.

REFERENCES

1) G. W. Snedecor (1956) : Statistical Methods, 5th Ed., the Iowa State College Press, Ames, Iowa.

2) H. B. Roe (1950) : Moisture Requirements in Agriculture, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

3) T. Nakagawa (1950) : Fundamental Researches of Farm Irrigation in Japan, Jour. of the Agricultural Engineering Society, Japan, Vol. **17**, Nos. 2 and 3, pp. 57～60.

4) T. Seki (1941) : 小容水量の測定及び農業的意義, Jour. of the Sci. of Soil and Mannure, Japan, Vol. **15**, No. 5, pp. 294～297.

5) S. Yamada (1943) : 山間土壌の農業工学的研究，第1報，水分当量と容水量との関係について, Jour. of the Agricultural Engineering Society, Japan, Vol. **15**, No. 4, pp. 251～261.

要　　約

畑地かんがいの計画における用水量の決定に必要な土壌の水分恒数について次の諸点を統計的に考察したものである．

1．最大容水量と最小容水量（圃場容水量）の測定法として我が国で普通に行なわれている二つの方法を比較し，最大容水量については二つの方法から求めた値に大きい差が認められ，最小容水量については両方法による値に差のないことを述べた．

2．最大容水量及び最小容水量と水分当量との間にはかなり高い相関が見られ，それらの回帰直線はそれぞれ (4), (5), (6), (7) 式となつた．特に (4), (5) 式は Briggs and Shantz の式 (2) とやや異つているが，統計的に考察した結果，特に (5) 式は差が大きくないことが分つた．しかしながらこれらの間には直線的の関係ではなくて二次曲線の関係があるようであつて，この点については次回に詳しく報告する．

3．関博士の“小容水量”を水分当量に代用しようとする場合には，両者に相当高い相関があるので(8)式によつて換算することが出来る．特に水分当量が大凡の値でよい場合には，単に小容水量から4を引くことによつて求めることが出来ることが分つた．

アカマツ・クロマツ種間雑種における形態学上の特性

（第1報） 外部形態と針葉の内部形態との比較

岩　村　通　正

Morphological Features in Interspecific Hybrids between *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii*. (I).

Comparision of External Features and Interior Tissues of Needle.

Mitimasa IWAMURA

Investigations have been conducted by several workers into interspecific hybrids among *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. (Japanese red pine) and *Pinus Thunbergii* PARL. (Japanese black pine), but there seems to be many basic problems in morphology yet to be settled.

In the present paper, the author attempted to tentatively clasify into five types pure *Pinus densiflora*, pure *Pinus Thunbergii* and their hybrids by major external features ;

(1) Akamatsu (Red pine) : distinguished as pure red pine by observation of it's needles, winter buds and bark.

(2) Ai-akamatsu (Hybrid red pine) : recognized as partaking of black pine characteristics by observation of above three external features.

(3) Ai-matsu (Hybrid pine) : judged as an intermediate type between red pine and black pine.

(4) Ai-guromatsu (Hybrid black pine) : recognized as the contrary type of (2).

(5) Kuromatsu (Black pine) : distinguished as pure black pine by the same means.

Above distinctions were standardized by macroscopic observation and three characteristics were respectively determined by following points ; that is, each of the characteristics of pure red pine is +2, of pure back pine −2, and of intermediate type +1, 0, and −1 according to their grades.

Then pure races and hybrids are graded by these total points which are figured out by above mentioned methods of marking, as following :

(1) +6 ………………………………… Red pine
(2) (+5)～(+3) ………………………………… Hybrid red pine
(3) (+2)～(−2) ………………………………… Hybrid pine
(4) (−3)～(−5) ………………………………… Hybrid black pine
(5) −6 ………………………………… Black pine

Sample trees used in this experiment are fifteen in number and they are shown in Table 1. These sample trees grow in the experimental forest (about 0.16 ha.) of Handayama University Forest (the northern part of Okayama city).

In the present paper, the relationship between the external characteristics (especially ; needle, winterbud and bark) of pure and hybrid pine and the internal structure of their needles are discussed. The microscopic observation on the internal structure

of their needles was undertaken to analyze distinctions of tissue, as described in Fig. 1, 2.

Considered from the experimental results, it seems most reasonable to conclude that individuals judged as hybrid of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. and *P. Thumbergii* PARL. by observation of external features may also have the microscopic characteristics in the internal structure of their needles as hybrid of those two species.

緒　　言

この報告は中村賢太郎を主任研究者とする「マツ属における育種期間短縮に関する研究」* 中の分担課題である「アイノコマツの分布，特性に関する研究」の一部として行つた試験の結果である．分担課題の研究担当者は佐藤敬二で，筆者は主としてその山陽地方における調査に従事している．

今回の試験は本研究を行うために必要な基礎的な事項，すなわち，外部形態上純粋なアカマツ，クロマツおよび両種の種間雑種と鑑別されたものが，内部形態特に針葉の組織を検鏡観察した結果と一致するや否かということを確かめるために行つたものである．実験の開始は 1960 年 5 月で，供試針葉の採取は 10 月である．

I．試験地および供試木

試験地としては岡山大学半田山演習林内に約 0.16 ha の林分を設定した．その位置は瀬戸内海岸（児島湾）から約 11 km 北方に在り，標高は 70 m で，基岩は古生層，南面の緩斜地で，土壌深度は中である．もと池田侯の料地であつて，この山林にはマツ類を植栽したこともあるようで，

Table 1.　List of Sample Trees in Handayama University Forest.

Sample tree No.	D. b. h. (cm)	Tree height (m) (measured with eye)	Age (assumption)	Remarkes
2	24.0	14	35	
9	23.5	15	36	R. P.
22	20.5	16	34	
20	25.0	21	36	
29	26.0	18	35	h. R. P.
27	27.5	22	36	
24	19.5	15	31	
25	23.5	21	38	h. P.
21	21.5	17	35	
19	22.0	17	36	
18	21.0	16	34	h. B. P.
23	22.0	14	30	
13	24.5	20	35	
14	35.5	24	43	B. P.
18	26.0	16	34	
	Total number	15		

* 1960年度農林省，農林漁業試験研究費交付課題．

現在成立している林木の素性は詳かでないが，全くの天然更新に由来するものではないと思われる．試験地附近には外観上アカマツとみられるものが多く，その中に純粋のクロマツと考えられるものが混生し，さらにその中間的形態を示すものをも相当交えている．

現在の林木はおそらく40～50年ぐらい前に皆伐された跡地へ天然下種によつて更新されたものと判断され，樹齢はおよそ36年生ぐらいのものが一斉林状を呈している．

本試験のために供用した林木は15本で，その内容は第1表に示す通りである．

II．試　験　方　法

この研究の目的は緒言に述べた通り，アイノコマツの実態究明にあるので，筆者等** はアカマツ，クロマツおよびそれ等の種間雑種を一応次の5段階に分けて各々の型を系列的に当てはめてみることゝした．

アカマツ―アイアカマツ―アイマツ―アイグロマツ―クロマツ

筆者はその趣旨から，外部形態上の顕著な特徴とされている冬芽（色や形），針葉（外観）および樹皮（色調や割れ方）の3項目について，上記の5型に属する個体を試験地の中から各々約3本，計15本選定した．

筆者はそれ等各型の類別について，今回試みに次に掲げる独自の採点法を考案し，これを行つてみた．

(1)　樹皮，冬芽および針葉の3項目について，肉眼的採点を行い，次のように類別する．

＋6点……………………………………………………アカマツ
(＋5)～(＋3)点…………………………………………アイアカマツ
(＋2)～(－2)点…………………………………………アイマツ
(－3)～(－5)点…………………………………………アイグロマツ
－6点……………………………………………………クロマツ

(2)　上記3項目の配点は，次の基準による．

完全にアカマツの特徴を示すもの……………………＋2点
稍々クロマツの傾向を示すもの………………………＋1点
アカマツ，クロマツ中間の性質を示すもの………　0点
稍々アカマツの傾向を示すもの………………………－1点
完全にクロマツの特徴を示すもの……………………－2点

次に個々の供試木から針葉を採取して，その中央横断面の切片を作り，顕微鏡により組織の形態を検して，外部形態によつて類別した5型の系列のものが，針葉内部形態においてどのような関係をもつているかを検討した．

供試針葉の採取部位は大体樹冠の中位のもので，原則として前年に伸長した枝の中部とし，各個体最少10本の針葉を観察した．

III．試　験　結　果

試験結果の大要は第2表の通りで，これは特に観察測定に重点を置いた項目について摘記したものである．なおそれ等の測定個所ならびに方法は第1，2図を参照されたい．

** 東大，体藤大七郎，郷正士．九大，佐藤敬二．宮崎大，外山三郎．

Table 2. Microscopic observation's data of needles. On the transverse sections of middle part of needles.

Sample tree		Endodermis (Number of layer)	Hipodermis (Number of layer)				Number of stoma		Resin canal (Number of each type)											Number of sample needle
					Corner				Main resin canal					Another resin canal					Grand total	
No.	Type		General	Near by resin canal	Left	Right	Arc side	Bow side	0	I	II	III	Total	0	I	II	III	Total		
2		30.3	1.0	1.0	2.0	2.0	3.7	6.5	—	—	1.3	—	1.3	—	—	8.5	—	8.5	9.8	6
9	R.P.	26.7	1.0	1.0	2.0	2.0	3.5	4.8	—	—	2.0	—	2.0	—	—	5.7	—	5.7	7.7	6
22		26.8	1.0	1.0	2.0	2.0	2.2	3.7	—	0.3	1.5	—	1.8	—	—	7.0	—	7.0	8.8	6
20		26.7	1.2	1.0	2.0	2.0	3.9	5.2	—	—	2.0	—	2.0	—	—	5.2	—	5.2	7.2	8
29	h.R.P.	26.0	1.0	1.0	1.7	1.7	3.2	4.2	—	—	1.8	—	1.8	—	—	4.5	—	4.5	6.3	6
27		27.5	2.5	2.0	3.7	3.7	4.2	6.6	—	1.8	—	—	1.8	—	2.0	0.3	—	2.3	4.1	6
24		27.2	1.3	1.0	2.0	1.8	3.8	5.5	—	—	2.0	—	2.0	—	—	4.6	—	4.6	6.6	8
25	h.P.	28.7	1.5	1.8	2.5	2.8	3.2	5.0	—	1.8	—	—	1.8	—	4.7	2.6	—	7.3	9.1	6
21		29.2	2.0	1.0	2.4	2.0	4.6	8.2	—	2.0	—	—	2.0		5.5	—	—	5.5	7.5	8
19		27.0	1.2	1.8	2.0	2.5	2.7	4.0	—	0.6	1.4	—	2.0	—	0.1	3.3	—	3.4	5.4	8
18	h.B.P.	26.0	2.0	—	3.1	3.1	3.5	6.7	—	2.0	—	—	2.0	—	2.5	—	—	2.5	4.5	12
23		29.0	2.0	1.0	2.9	3.0	4.7	9.6	—	2.0	—	—	2.0	—	5.4	—	—	5.4	7.4	10
13		36.3	3.0	3.0	3.8	4.0	5.5	11.2		2.0		—	2.0		7.2			7.2	9.2	6
14	B.P.	29.5	2.0	2.0	3.8	3.8	3.8	7.2	—	2.0	—	—	2.0	—	3.8	—	—	3.8	5.8	6
28		30.5	3.0	3.0	4.5	4.3	4.5	8.8	—	2.0	—	—	2.0	—	3.3	—	—	3.3	5.3	4

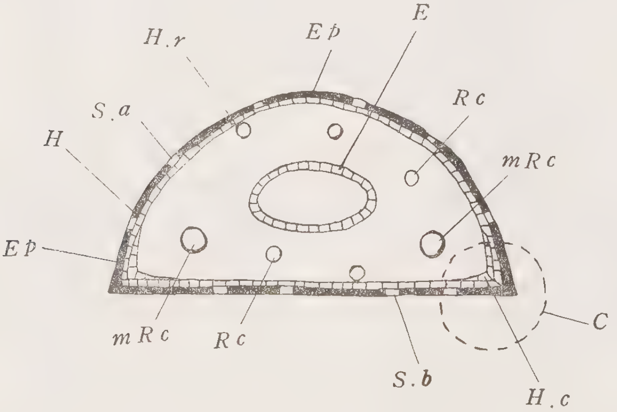


Fig. 1 Middle part transverse section of pine needle.

Ep 表皮 Epidermis, *H* 下表皮 Hipodermis, *C* 針葉断面の角隅 Corner part of needl's section, *H.c* 角隅の下表皮 Hipodermis of corner, *H.r* 樹脂道付近の下表皮 Hipodermis near by Resin canal, *S.a* 背面の気孔 Stoma of arc side, *S.b* 腹面の気孔 Stoma of bow side, *R.c* 樹脂道 Resin canal, *mRc* 主樹脂道 main Resin canal.

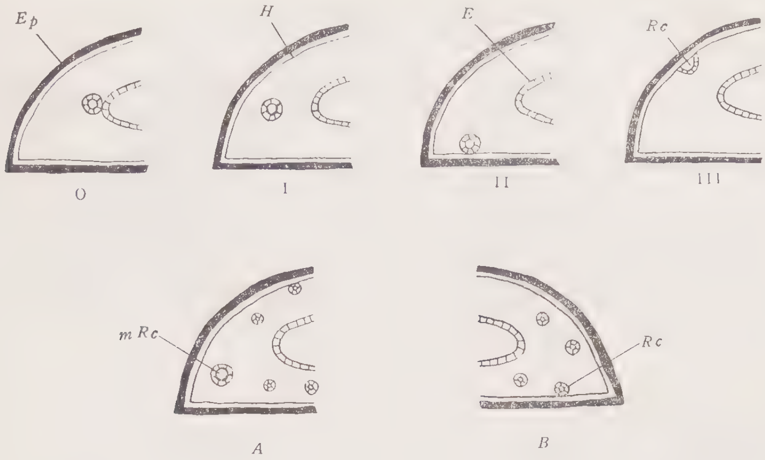


Fig. 2 Four types of resin canals and main resin canal.

0 型内位，I 型中位，II 型内接，III 型交切．A 主樹脂道の明瞭な場合 Observated main resin canal clear，B 主樹脂道が不明瞭な場合 main resin canal not clear.

Table 3. External features and internal structure of needle.

(Sample tree) No.	External features (Point)				Internal structure of needle								Remarkes
					Number of layer of Hypodermis		Number of stoma	Resin canal					
	Bark	Winter bud	Needle	Total	General	Corner		Main resin canal *	Number of type I	Number of type II	Number of I + II	Percent of II in I + II	
2	+2	+2	+2	+6	1.0	2.0	10.2	○	—	9.8	9.8	100.0	R. P.
9	+2	+2	+2	+6	1.0	2.0	8.3	●	—	7.7	7.7	100.0	
22	+2	+2	+2	+6	1.0	2.0	5.9	○	0.3	8.5	8.8	96.6	
20	+1	+1	+2	+4	1.2	2.0	9.1	●	—	7.2	7.2	100.0	h. R. P.
29	+1	+1	+2	+4	1.0	1.7	7.4	●	—	6.3	6.3	100.0	
27	0	+1	+2	+3	2.5	3.7	10.8	○	3.8	0.3	4.1	7.3	
24	+1	+1	0	+2	1.3	1.9	9.3	●	—	6.6	6.6	100.0	h. P.
25	0	+1	+1	+2	1.5	2.7	8.2	●	6.5	2.6	9.1	28.5	
21	0	0	+1	+1	2.0	2.2	21.8	●	7.5	—	7.5	0	
19	−1	0	+1	0	1.2	2.3	10.2	○	0.7	4.7	5.4	87.0	
18	−1	−1	−1	−3	2.0	3.1	6.7	—	4.5	—	4.5	0	h. B. P.
23	−2	−1	−2	−5	2.0	3.0	14.3	—	7.4	—	7.4	0	
13	−2	−2	−2	−6	3.0	3.9	16.7	○	9.2	—	9.2	0	B. P.
14	−2	−2	−2	−6	2.0	3.8	11.0	○	5.8	—	5.8	0	
28	−2	−2	−2	−6	3.0	4.4	13.3	○	5.2	—	5.2	0	

* ○……Clear 明瞭　●……Rather clear 稍明瞭　×……not clear

本調査の結果5つの型によつて明瞭に変動する項目は下表皮層数，気孔数および樹脂道の配置状況であつた．

よつてこれ等3項目についてさらに要約してみると，第3表で示すように次の諸点が明らかとなつた．

1．下表皮層数：アカマツでは一般の部位が単層，角隅は2層が基本的なものと考えられ，クロマツでは一般が2層以上，角隅では3層以上となる．雑種ではその中間的な数値を示すが，雑種3型のうつり変りの段階は必ずしも明瞭といえない．

2．気孔数：気孔数の測定はたまたま切片にかかつた個所のみが検出されるので，絶対的なものではないが，アカマツに少く，クロマツに多い傾向が認められる．

3．樹　脂　道

(1)　主樹脂道：第2表で示したように，クロマツにおいては，I型の主樹脂道が常に明らかに存在することを特徴としている．しかしアカマツにおいては主樹脂道が区別されがたいことがあり，型はほとんどIIである．雑種においては，クロマツに近ずくほど，主樹脂道がはつきりとする傾向にあるようである．

(2)　樹脂道の型：従来の研究で，時々は0型も出現することが知られているが，本調査ではこの型は皆無であつた．またIII型はII型に混じてしばしば出現するものであるが，今回の調査では現われていない．

アカマツは本来II型を原則とするが，供試木22号では僅少ながらI型が出ている．これとは逆にクロマツではI型を基本とするもので，本回の実験でもクロマツはすべてI型であつた．

またアイアカマツはII型が多く，アイグロマツはすべてI型，アイノコマツはその中間を示している．すなわち絶対的なことは言えぬとしても，アカマツ，クロマツおよびその雑種の系列に稍々連続的な一連の推移を示すものが，樹脂道の型にあるという，今回得られた結果はまことに興味のあることゝ言えよう．

IV．考　　　察

今回の試験はいまだ予備実験的なもので，供試個体数も調査針葉数も少く，したがつて将来補足充実をはからねばならぬことが多々残されている．

また針葉の外部形態的な測定，針葉横断面の形態と大きさ，維管束の組織，あるいは本報で全く触れていない花器や種子等についても検討を加えなければならない．

しかし，われわれ林業に従事するもの，特にその育種について応用的な研究を行うものにとつて，今まで系統立つた調査の余り行われていなかつた，マツ属両種とその雑種について，外部形態と内部形態とを結びつける一つの手がかりを得たことは，将来この方面の研究に多少なりと益するところがあろうと信じている．

V．結　　　言

資料が完全に整つていないので，いまだ結論を引き出すことは差し控えるが，樹皮・各芽・針葉の肉眼的鑑別によつて類別したマツ属両種とその種間雑種は，これを針葉の下表皮・樹脂道の解剖学的特性と相照して，概ね合致するということが確められた．

主　要　文　献

1）林　弥栄 (1960)：日本産針葉樹の分類と分布．

2）石川健康 (1956)：日本の有名松，林野庁．

3）岩村通正 (1950)：赤松品種に関する研究，Ⅱ．アカマツ針葉の変異に関する調査，日林会関西講集．

4）岩田利治 (1954)：邦産松柏類図説．

5）金平亮三 (1921)：松属の葉の横断面による樹種の識別．日林誌，**11**．

6）森川均一 (1927)：赤松と黒松との合いの子松に関する研究，日林誌，**9**；1．

7）中村賢太郎 (1955)：アイノコマツのミショウナエ，日林誌，**37**；6．

8）斎藤雄一 (1950)：幼齢期におけるアカマツ，クロマツ及びアイノコマツ葉の解剖学的構造とその性質，日林会関西講集 **1**．

9）佐藤敬二 (1931)：シラハタマツの植物学的研究，特に葉の解剖学的性質について，東大演習林報告，**15**．

10）渡辺資仲 (1959)：マツの検索，林業技術，**204**．

11）山崎次男，岩村通正 (1951)：赤松品種に関する研究，Ⅰ．アカマツ針葉の変異に関する調査，日林誌，**33**；2．

12）Yamasaki, T., Iwamura, M. u. Ogasawara, K. (1953)：Die Untersuchungen über die Rassen von Japanischen Rotkiefern. Ⅲ. Die morphologischen Verändrung der Nadern von Kiefern in Baumalter. Scientific reports of the Saiky University, Agriculture **5**.

Studies on Economical Meaning of Mechanization on Agriculture; 5. Economical Comparison of the Utilization of Small Tractors and Draft Cattle on Farm.

By Morio MESE and Minoru FUKUDA

農業機械化の経済的意義に関する研究

（第５報）耕耘機と役畜の経済性比較

目瀬守男・福田稔

(1) Problems and Survey Methods

Recently, many farmers in Japan have come to pay great interest in the adoption of small types of tractor. We have three big problems now that are being faced by those farmers. (1) Determination of the adequate farm size to use the small tractor most economically under the present condition. (2) Consideration of the economic advantages between the small tractors and the draft cattle. (3) How to calculate the depreciation cost of the small tractor.

Unfortunately we can not find many useful data of these problems on the basis of actual condition. However, several researchers have dealt with some problems from the theoretical viewpoint, for example, Hidetoshi Isobe, Tokyo University ; Takashi Takayama, Hokkaido University ; W. Y. Yang, FAO ; R. O. Heady, Iowa State College and others. And so we tried to make analysis of the problems through our actual survey, getting useful suggestions from those reseachers.

In this study we adopted a comparison method through cost analysis according to different sizes and small tractor or draft cattle, particulary from the viewpoint of budgeting of farm management.

The data of the cost for using small tractor were mainly derived from our survey in Niiike Village of Okayama Prefecture, a large part of which was already reported in "Analysis of Mechanization of Japanese Agriculture" 1960, Sobun-sha, Tokyo. Niiike Village is an old small village which locates near Okayama city with 23 farms which are divided into three large groups each owing one small tractor in cooperation. In addition to these data, we got some useful information from Okayama Agricultural Experimental Station and farm machinery factories in Okayama, and had applied them on two farms, which are using a small tractor individually in a new reclaimed area near Niiike Village.

The data of the cost for using draft cattle were mainly derived from Mukaiba Village which is a neighboring village of Niiike. This village was selected for the purpose of comparison with Niiike. The draft cattle surveyed in this village are classified into two types ; one type (M_1) is the immature male-draft cattle which has capacity of plowing 1.7 ha. of paddy field during busy seasons in spring and fall, the another type (M_2) is the adult male-draft cattle which has capacity of plowing 2.5 ha. of paddy field during busy seasons.

In addition to these two types of draft cattle, we observed two other types which were surveyd by Okayama Statistical Office. One of them (O_1) is immature female-

draft cattle which has capacity of plowing 2 ha. of paddy field during busy seasons, the another type (O_2) is the adult female-draft cattle which has capacity of plowing 2.2 ha. of paddy field during busy seasons.

The plowing area of paddy field mentioned in this paper means the total area plowed in two times — spring and fall busy seasons —, so actual farm size should be almost half of the plowing area.

(2) Kind of costs

The cost of farm machinery or equipment may be divided into three large groups ; 1) fixed or overhead costs, 2) variable or operating costs and 3) depreciation costs.

(1) Fixed or overhead costs, which are incurred for possessing or owning a machine, regardless of whether and how much it is used, include interest, taxes, insurance, and shelter. On the draft cattle include depreciation, interest, barn depreciation, equipment, feeds in maintenance, labor wages and others.

(2) Variable or operating costs of the small tractor include those items — such as petroleum, gasoline and grease, replacement of parts, repairs and wages for tractor use, — that occur only when the small tractor is used. The other hand variable or operating costs of the draft cattle include those items — such as feeds for field works and wages for draft cattle use — that occur only when the draft cattle is used.

(3) Depreciation, which represents a very important part of the cost in using most modern farm machines, is really determined by two factors ; one is a fixed cost and is due to the passing of time, and the other is a variable cost and is caused by ware and tear of use. Depreciation of the draft cattle is only calculated to the adult cattle.

In addition to those costs, there are negative cost items — such as calves, manure and appreciation — that are receipted as the draft cattle are fed.

(3) Costs of the utilization of small tractors.

In Niiike, using the small tractor in cooperation, twenty-three farms are divided into three groups, each owning the small tractor. The costs of the utilization of small tractor are represented in Table 1 according to each group, and then from Table 2 to 3 show the variable costs of using the small tractor per-0.1 ha. and hours of small tractor use per-0.1 ha. by operation.

(1) Group N_1 has one small tractor used by seven farms in cooperation. The total cultivated land area of this group is 4.98 ha. (4 ha. of paddy field and 0.98 ha. of upland field), the average cultivated land area per farm is 0.71 ha.. The small tractor is only used in the paddy field. Total area plowed by the small tractor in a year is 6.68 ha..

(2) Group N_2 consists of eight farms using one small tractor in cooperation. Total cultivated land area of this group is 5.32 ha. (4.32 ha. of paddy field and 1 ha. of upland field), and average cultivated land area per farm is 0.67 ha.. Total area plowed by small tractor per year is 5.7 ha..

(3) Group N_3 has one small tractor owned by eight farms in cooperation. Total cultivated land area of this group is 5.47 ha. (4.17 ha. of paddy field and 1.3 ha. of upland field), average cultivated land area per farm is 0.68 ha.. Total area plowed by small tractor in a year is 5.35 ha..

(4) The size of the K_1 and K_2 farms in Kojo Village is 2.45 ha. and 1.57 ha., respectively. According to the Table 1, total area plowed by small tractor in a year is 4.5 ha. and 3 ha. with respect to K_1 and K_2.

Table 1. Costs of Using the Small Tractors

Location		Niiike Village			Kojo Village	
Group		N_1	N_2	N_3	K_1	K_2
No. of farm		7	8	8	1	1
Paddy field		4.00 ha.	4.32 ha.	4.17 ha.	2.45 ha.	1.50 ha.
Upland field		0.98	1.00	1.30	—	0.07
Total cultivated land area		4.98	5.32	5.47	2.45	1.57
Average cultivated land area per farm		0.71	0.67	0.68	2.45	1.57
Total area plowed by small tractor in a year		6.68	5.70	5.35	4.50	3.00
Total hour plowed by small tractor in a year		173 hours	156 hours	148 hours	137 hours	65 hours
Average hour plowed by small tractor per-0.1 ha.		2.6	2.7	2.7	3.0	2.2
Price of a small tractor		237,000 yens	237,000 yens	237,000 yens	296,400 yens	240,000 yens
Life span of small tractor		9 years	9 years	9 years	12 years	15 years
Salvage value		3,000 yens	3,000 yens	3,000 yens	3,000 yens	3,000 yens
Depreciation (1)		26,000	26,000	26,000	24,417	15,800
Interest on capital		10,813	10,813	10,813	13,523	10,950
Shelter		1,685	1,685	1,685	1,047	146
Total fixed costs (2)		12,498	12,498	12,498	14,570	11,096
Petroleum		9,019	8,151	7,705	—	—
Gasoline, grease, etc		2,266	2,200	1,933	—	—
Replacement of parts		8,125	9,312	5,056	—	—
Repairs and others		1,272	1,245	955	—	—
Wage for tractor use		7,776	7,034	6,654	—	—
Total variable costs (3)		28,458	27,942	22,303	16,734	8,451
Total costs of plowing (1+2+3)		66,956	66,440	60,801	55,724	35,347
Per-0.1 ha.	Depreciation costs	389	456	486	543	527
	Fixed costs	187	220	234	324	370
	Variable costs	426	490	417	372	282
	Total costs	1,002	1,166	1,137	1,239	1,179
Limmit of plowing area per small tractor using busy seasons		10 ha.	10 ha.	10 ha.	10 ha.	10 ha.

Table 1 shows that, no matter how little the small tractor is used in a year, annual fixed cost to the owner of small tractor can not be less than ¥12,498 with respect to the small tractor in Niiike. On the other hand, no matter how much the small tractor is used, the average variable cost per-0.1 ha. can not be less and more than ¥444 (See last row of Table 2).

Table 2. Variable Costs of Using the Small Tractors per-0.1 ha. (Niiike)

Group	N_1	N_2	N_3	Average
Fuel	169 yens	182 yens	180 yens	177 yens
Replacement of parts	121	163	94	126

Repairs and others	19	21	18	19
Wage for Tractor use	117	124	125	122
Total	426	490	417	444

Table 3. Hours of Small Tractor Use per-0.1 ha. by Operation. (Niiike)

Kind of crops	Operation \ Group	N_1	N_2	N_3	Average
		hours	hours	hours	hours
Rice	Plowing (single croped by field)	3.3	3.0	2.7	3.0
	Plowing (after havesting of wheat and rape)	2.7	2.0	2.4	2.4
	Puddling	1.1	1.4	—	1.3
	Puddling of rice nursery	4.2	3.3	2.0	3.2
Wheat and barleys	Plowing	2.0	2.5	1.7	2.1
	Cultivating	2.0	3.0	2.6	2.5
Vegetables and others	Plowing	—	3.3	—	3.3
	Cultivating	4.0	4.0	3.7	3.9
Mat rush	Plowing	3.5	2.7	3.0	3.1

According to the W. Y. Yang's Method for calculating the depreciation (See book — "Methods of Farm Management Investigation" FAO 1958), as far as depreciation is concerned, no matter how little the small tractor is used in a year, annual depreciation cost to the owner of small tractor can not be less than ¥15,600. Take, for example, the case of the small tractor, according to our experience, the number of year until obsolate is 15 years, the working area to wear out is 60 ha.. Thus if the annual use of small tractor is less than 4 ha., obsolescence will be controlling factor which determines the annual depreciation cost. If, however, the annual use of the small tractor exceed 4 ha., the wear will be the determining factor and the annual depreciation cost of the small tractor should be computed according to the estimated number of areas of use in a year. Assuming that the small tractor cost ¥237,000 in the region and allowing a scrap value of ¥3,000, the total depreciable sum will be ¥234,000 — that is, ¥237,000 less ¥3,000 — and the annual depreciation cost will be ¥15,600 — that is, ¥234,000 ÷ 15 years — if the small tractor is used less than 4 ha. in a year. If it is used more than 4 ha. in a year — say, 10 ha., — the depreciation cost will be ¥39,000, — that is, ¥234,000 $\times \frac{10 \text{ ha.}}{60 \text{ ha.}}$ (¥234,000 ÷ 6 years).

The depreciation costs and the life span of the small tractor is indicated in the Table 1, according to the above mentioned method. The average total costs in yen per-0.1 ha. is showed in the last row of the Table 1 in each group and farm ; that is, N_1 is ¥1,002, N_2 is ¥1,166, N_3 is 1,137, K_1 is ¥1,239 and K_2 is ¥1,179.

(4) **Costs of the Utilization of draft cattle.**

Table 4 shows that the costs of using the draft cattle and the average size of farms in each type. This table shows that, no matter how little the draft cattle is used in a year, the net fixed costs to the owner of the draft cattle can not be less than ¥29,271 (M_1), ¥36,951 (M_2), ¥32,192 (O_1) and ¥28,710 (O_2) respectively.

Table 4. Costs of Using the Draft Cattle

Location	Mukaiba Village		Okayama Prefecture	
Type	M_1 Immature male-draft cattle	M_2 Adult male-draft cattle	O_1 Immature female-draft cattle	O_2 Adult femal-draft cattle
No. of draft cattle	3	3	13	11
Paddy field	0.93 ha.	0.91 ha.	0.70 ha.	0.85 ha.
Upland field	0.04	0.08	0.15	0.20
Total cultivated land area per farm	0.97	0.99	0.85	1.05
Total area plowed by draft cattle in a year	1.35	1.40	1.31	1.34
Life span of draft cattle in use	1 year	5 years	1 year	4 years
Value at the beginning of the year	31,167 yens	29,300 yens	36,369 yens	38,510 yens
Valve at the end of the year	39,000	28,600	41,454	35,709
Depreciation	—	700	—	2,801
Interest on capital	3,201	2,642	3,551	3,386
Barn	2,135	1,393	3,883	3,119
Equipment	1,260	876	1,847	2,320
Feeds in maintenance	25,837	29,306	14,035	14,581
Labor wages	5,474	4,930	17,468	18,501
Others	4,807	4,584	5,918	6,745
Total fixed costs (1)	42,714	44,431	46,702	51,453
Feeds for works	1,106	1,406	1,305	1,341
Wage for draft cattle use	7,884	6,720	6,264	7,443
Total variable costs (2)	8,990	8,126	7,569	8,784
Total (1+2)=(3)	51,704	52,557	54,271	60,237
Calves	—	—	—	11,433
Manure	5,610	7,480	9,425	11,310
Appreciation	7,833	—	5,085	—
Total receipts (4)	13,443	7,480	14,510	22,743
Net costs of using the draft cattle (3—4)	38,261	45,077	39,761	37,494
Net fixed costs (1—4)	29,271	36,951	32,192	28,710
Per-0.1 ha. Net Fixed costs	2,168	2,639	2,467	2,141
Per-0.1 ha. Variable costs	666	581	580	655
Per-0.1 ha. Total costs	2,834	3,220	3,047	2,796
Limmit of plowing area per head using busy seasons	1.7 ha.	2.5 ha.	2.0 ha.	2.2 ha.

On the other hand, no matter how much the draft cattle is used, variable costs per-0.1 ha. of the draft cattle can not be more and less than ¥666 (M_1), ¥581 (M_2), ¥580 (O_1) and ¥655 (O_2) respectively.

(5) **Costs of using the small tractors and draft cattle per-0.1 ha.**

5.1) Costs of using the small tractor in each method for calculating depreciation costs per-0.1 ha..

Total costs of using the small tractor and draft cattle on the paddy field, as showed in Table 1 and Table 4, are fomulated as follow : C=F+VQ, and then per-0.1 ha. costs are fomulated as follow : $U=\frac{F+VQ}{Q}$, the legendsh ave these equivalents : C= total costs, F= fixed costs, V= variable costs, Q= quantity of size, U= unit costs or Per-0.1 ha. costs. Usually, the depreciation costs are included in the fixed costs, but in this work, as far as the cost of using the small tractor is concerned, the depreciation costs are divided from the fixed costs. Therefore, the total costs and the unit costs or per-0.1 ha. costs are expressed as follows : C=D+F+VQ, $U=\frac{D+F}{Q}+V$, (D = depreciation costs).

When it comes to calculating the costs of using small tractor in each mathod of calculating the depreciation that have bcen suggested and used by the authorities, the difference of amount of the depreciation costs are estimated by each method.

For this reason, in this paper we adopted the three typical methods of calculating the depreciation — such as W. Y. Yang's Method (already mentioned) ; Professor Isobe's Method (the one half of depreciable amounts are charged for life span of small tractor, and the another half depreciable amounts are charged by operative area) ; Ministry of Agriculture and Forestry's Method (all of depreciable amounts are charged for life span of small tractor, that is, seven years). The costs relationships among the three methods will be illustrated as follows.

Fig. 1 shows the costs of small tractor per-0.1 ha. according to each method of caculating depreciation of small tractor. As in graph presented, the legends have these equivalents : A_1TC= average total costs of the W. Y. Yang's Method ; A_2TC= average total costs of the Prof. Isobe's Method ; A_3TC= average total costs of the M.A.F.'s Method ; A_1DC= average depreciation costs of the Yang's Method ; A_2DC= average depreciation costs of the Isobe's Method ; A_3DC= average depreciation costs of the M.A.F.'s Method ; AFC= average fixed costs ; AVC= average variable costs.

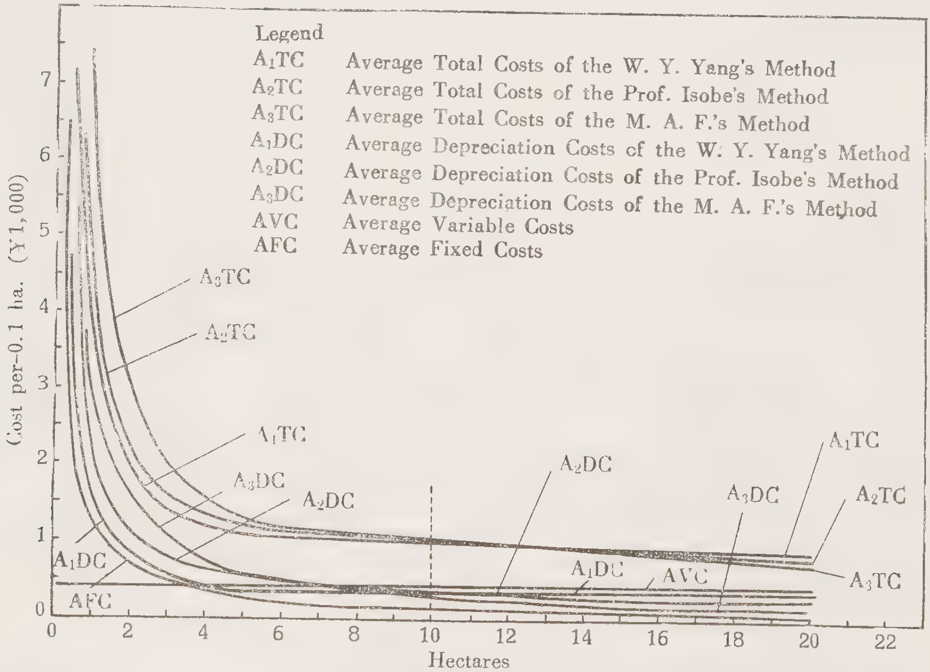


Fig. 1. Costs of small tractor per-0.1 ha. according to each method of calculating depreciation of small tractor (Niike).

* 1 $ = 360 yens

Per-0.1 ha. costs fall very rapidly for the first few ha.. This sharp decline is due to the reduction in fixed costs and depreciation costs per-0.1 ha. with variable costs remaining constant. However, the curves tend to flatten out for sufficiently large area.

According to the Yang's Method, total costs per-0.1 ha. decline only slightly over 4 ha. of the size of the operation in a year, because variable costs and depreciation costs which are dealt withas a variable costs from 4 ha. constitute a much greater proportion of total costs than do fixed costs. Costs per-0.1 ha. are ¥1,146 for 4 ha., and drop to only ¥959 for 10 ha., a decline of only 16 percent in per-0.1 ha. costs for an increase of 2.5 times in area.

By Isobe's Method, cost per-0.1 ha. are ¥1,369 for 4 ha., and drop to only ¥931 for 10 ha., a decline of only 32 percent in per-0.1 ha. costs for an increase of 2.5 times in area.

When applying M.A.F.'s Method, cost per-0.1 ha. are ¥1,592 for 4 ha., and fall to only ¥903 for 10 ha., a decline of only 44 percent in per-0.1 ha. costs for an increase of 2.5 times in area.

The variation of the obtained figures are due to the differences of calculating methods of depreciation. The broken (vertical) line in Fig. 1 indicate the area capacity that engineers estimate to be feasible over spring and fall busy seasons with normal weather fluctuations for small tractor.

5.2) Costs of using the draft cattle per-0.1 ha.

Costs of the four types of the draft cattle per-0.1 ha. are shown in Fig. 2 through 5. As in all graphs presented, the legends have these equivalents : ATC= average total costs ; AVC= average variable costs ; AFC= average fixed costs ; As well as above mentioned for the small tractor, per-0.1 ha. costs fall very rapidly for the

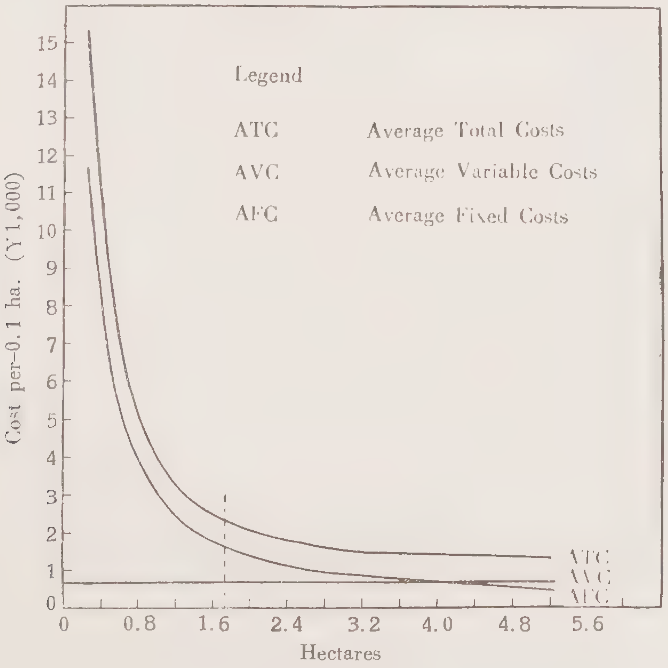


Fig. 2. Per-0.1 ha. costs for the immature male-draft cattle (M_1).

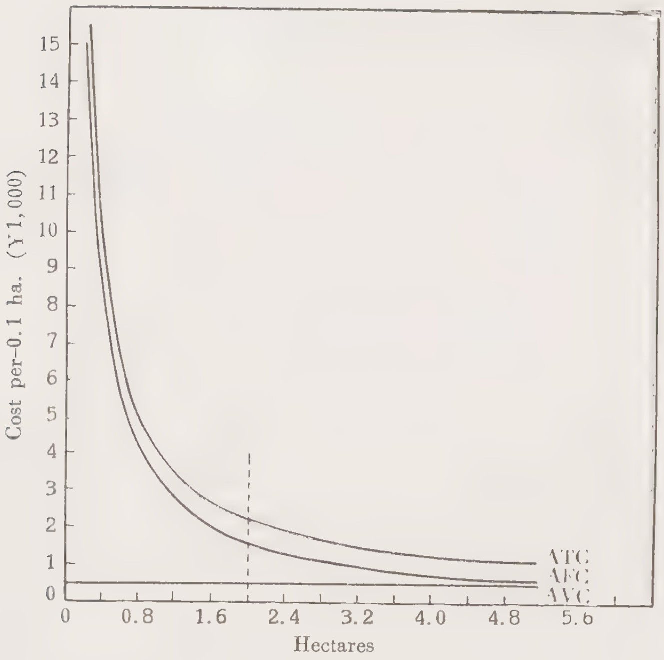


Fig. 3. Per-0.1 ha. costs for the immature female-draft cattle (O_1).

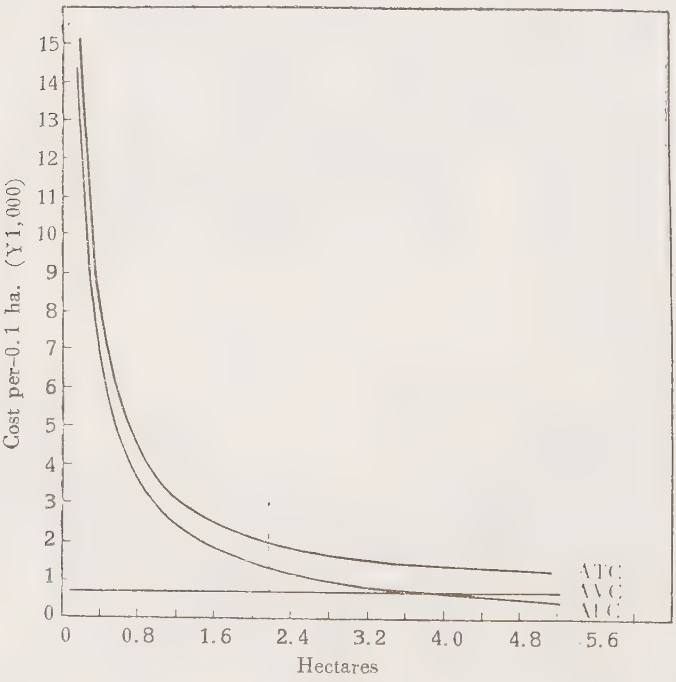


Fig. 4. Per-0.1 ha costs for the adult female-draft cattle (O_2).

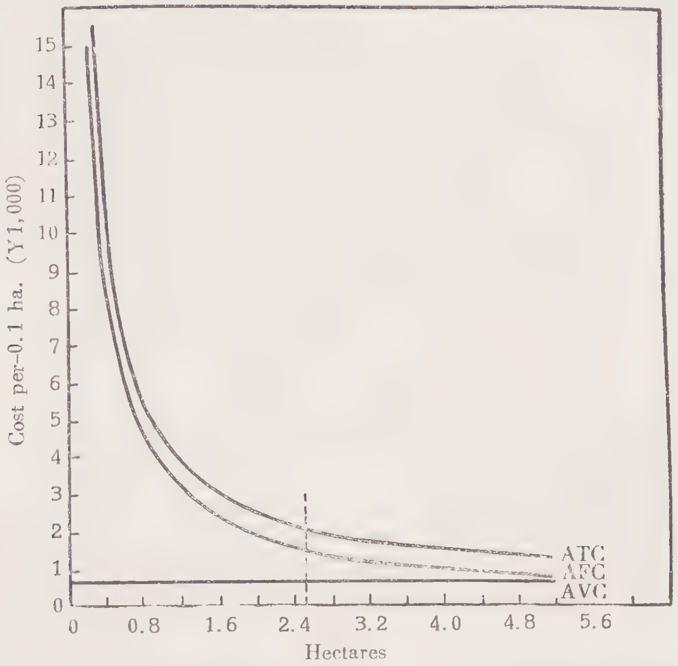


Fig. 5. Per-0.1 ha. costs for the adult male-draft cattle (M_2).

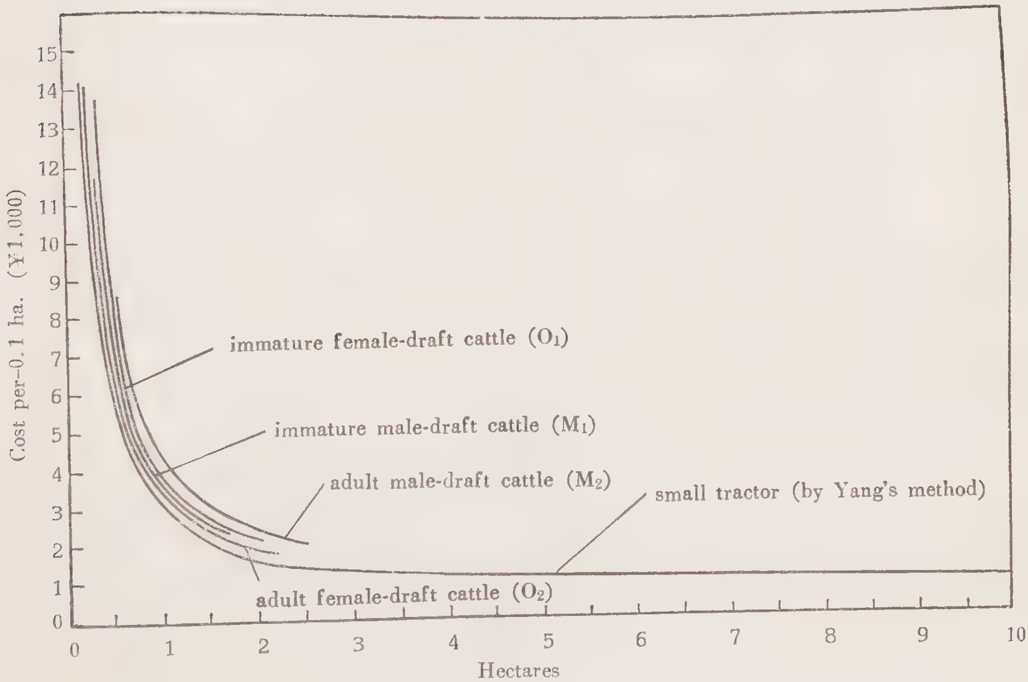


Fig. 6. Average total costs per-0.1 ha. for the small tractor and the four types of draft cattle.

insufficiently small area of the draft cattle utilization. This sharp decline is due to the reduction in fixed costs per–0.1 ha. with variable costs remaining constant. However, the ATC curves tend to flatten out for sufficiently large area. The curves begin to flatten out only when variable costs per–0.1 ha. becomes greater than fixed cost per–0.1 ha. (total per–0.1 ha. cost aproachs variable cost, as a mathematical limit, as operations are extended over an infinite number of ha.).

As indicated in Fig. 6, lowest costs per–0.1 ha. are realized by the draft cattle which represent the smallest fixed costs for the insufficiently small area. For instance, if the plowing area in a year would be 1 ha., costs per–0.1 ha. would be ¥3,526 (O_2), ¥3,593 (M_1), ¥3,799 (O_1) and ¥4,276 (M_2) respectively.

Conclusion

We have dealt with small tractor and draft cattle utilization problems from practical and economical point of view, mainly from the basis of our data. We shall conclude the results as follows :

(1) Comparison among the four types of draft cattle
  - a) Adult female-draft cattle are less costly up to 2.2 ha.
  - b) Adult male-draft cattle are less costly from 2.2 ha..

(2) According to the three methods for calculating the depreciation of small tractor, we compared per–0.1 ha. cost of using the small tractors and the four types of the draft cattle.
  - a) W.Y. Yang's Method :
    Small tractors are less costly than the draft cattle to **all** size of farms.
  - b) Prof. Isobe's Method :
    - 1) Adult female-draft cattle are less costly up to 2.2 ha. than any other type of draft cattle and small tractor.
    - 2) Small tractors are less costly from 2.2 ha. than any type of draft cattle.
  - c) Ministry of Agriculture and Forestry's Method :
    - 1) Adult female-draft cattle are less costly up to 2.2 ha. than any other type of draft cattle and small tractor.
    - 2) Adult male-draft cattle are less costly from 2.2 ha. to 2.5 ha. than any other type of draft cattle and small tractor.
    - 3) Small tractors are less costly from 2.5 ha. than any type of draft cattle.

(3) In Niike Village, even if the annual use of small tractor is less than 1 ha. per-farm, the farmers are using the small tractors economically in cooperation. Per–0.1 ha. costs are $\frac{1}{3}$ or $\frac{1}{4}$ of the individual ownership.

(4) Small tractors are less costly from 2.5 ha. than any type of draft cattle in all three methods of calculating depreciation cost.

(5) As a result of that, it is economical for a small size of farm with 0.65 ha. of cultivated land which is average area in Okayama Prefecture to make cooperative use of small tractor with other 2 or 3 farms.

(6) In Japan, average farm size is about 1 ha.. Therefore, when it comes to use the small tractor individualy, it is not only inefficent, but also unprofitable.

REFERENCES

1）磯辺秀俊 (1955)：農業経営学，朝倉書店，東京.

2）新池機械化調査委員会 (1960)：日本農業機械化の分析：岡山県高松町新池部落における実験.

3) Earl O. HEADY, Dean E. MCKEE and C.B. HAVER (1955) : Farm Size Adjustments in Iowa and Cost Economies in Crop Production for Farms of Different Sizes. Iowa state College, Research Bulletin 428.
4) W.Y. YANG (1958) : Methods of Farm Management Investigations, FAO, Rome.

摘　　　要

近年，わが国において多くの農家が耕耘機の利用に非常に興味を払いつつある．われわれは，耕耘機導入に伴つて，農家の直面する諸問題の中から主要な若干の問題を取出して，農業経営のBudgeting の観点から分析を試みたのである．

後　　　記

この研究に関する基礎資料は，アシヤ財団の援助による新池部落機械化調査を利用した，又，補充資料については農林省岡山統計調査事務所経済調査課の御協力を受け，又，岡山大学教授永友繁雄先生，京都大学助教授[illegible]氏，[illegible]の諸先生より[illegible]の助言を得つた．さらに[illegible]し，[illegible]センター[illegible]非澄氏に御援助を得たことを併せて厚く感謝する．

干拓地土壌に関する研究

(第16報) 海底土及び干拓地土中の酸化性硫黄の含量と土壌反応の変化の迅速測定法について

米　田　茂　男

Studies on Polder Soils in Japan.
XVI. Rapid Method for Determining Oxidizable Sulfur and Change of Soil Reaction of Sea Muds and Polder Soils.

Shigeo YONEDA

Sea muds and saline polder soils frequently contain appreciable amounts of sulfur in various forms, and in polder soils and transported soils derived from sea muds acid condition sometimes develops through aeration of anaerobic soil.

A description is given of practical rapid methods of determining the oxidizable sulfur and change of soil reaction of these soils. Recommended experimental procedures are as follows :

A weighed quantity of soil (about 1 — 2 g) is mixed with 10 ml of 30 % H_2O_2, adjusting the pH to 6.0 — 6.5 with N/10 NaOH and removing the sulfuric acid when contained with Ba $(OH)_2$, and heated for about 1 hour on water bath. After cooling, the contents are filled up to 100 ml and filtered. Soil pH value is determined in this soil suspension by means of the pH meter and glass electrode.

Titrable acidity is determined by titrating 50 ml of this filtrate with N/10 NaOH and the result is given in terms of ml N/10 NaOH per 100 g soil. Active oxidizable sulfur is calculated from sulfuric acid equivalent to titrable acidity and given in terms of S mg per 100 g soil. Easily oxidizable sulfur is determined from the difference between the water soluble sulfate of the H_2O_2-treated soil and that of original soil and given in terms of S mg per 100 g soil. Sulfate is determined volumetrically by Benzidine sulfate method.

The reliability of this method was examined with sea muds collected from sea bottom, saline pond soils, transported soils derived from sea muds and saline polder soils. The data obtained showed that saline pond soils and some of polder soils contained appreciable amounts of easily oxidizable sulfur and the pH values of these soils became extremely acid after oxidation with H_2O_2 and easily oxidizable sulfur of fresh soils amounted to over 80 % of total sulfur determined from the difference between the sulfate content of the aqua regia extract and that of the water extract of the soils. (See Table 1 and 2)

A considerable difference was frequently found between active oxidizable sulfur and easily oxidizable sulfur and it was shown that the relative amounts of oxidizable sulfur and easily soluble base compounds determine titrable acidity, active oxidizable sulfur and soil pH value of H_2O_2-treated soil. (See Table 3)

The pH values of transported soils derived from sea muds were found to gradually approach in natural fields to the pH values determined by H_2O_2-treatment. (See Table 4)

緒　　　言

一般的にいつて湾内及び河口附近の海底土中には硫酸塩に加えて各種の形態の硫黄化合物，とくに硫化物がかなりの量が存在する場合が多く，更に現在又は過去に海水の影響を受けた海岸沿いの海跡湖底土及びその干拓地，海岸沿いに分布する低湿塩害地，既干拓地内の河川，クリーク，遊水池の水底土中にもしばしば硫化物が含まれ，時には異常集積を示す場合も珍しくない．しかしてこれら土壌中の硫黄は凡らく次の諸形態で存在すると考えられる．すなわち硫化物，主として硫化第一鉄 (Fe S) 及び二硫化鉄 (FeS_2)，多硫化物，亜硫酸塩，チオ硫酸塩，硫酸塩，単体の硫黄，硫黄の有機化合物，その他である．

従つてかかる地区を干拓する場合又は海底土，湖底土をサンドポンプによつて客土する場合には耕土中にかなりの酸化性硫黄 (Oxidizable sulfur) が種々の形態で混入し，好気的状態においては酸化生成物として硫酸又は硫酸塩を生じ，土壌の反応もそれに応じて著しく変動し，時には強酸性に転じる場合も少なくない．更にこの種の土壌においては湛水下の還元状態では硫化水素が発生し易いため水稲の根ぐされを生じ易く，畑，水田の何れにおいても土壌管理に細心の注意を払う必要があることは周知のとおりである．

新たに干拓された土壌又は低湿塩害地の土壌中の硫黄の循環を究明する場合には，まず土壌中に存在する各種の形態の硫黄化合物を定量するための迅速かつ信頼できる方法を知ることが重要であるが，とくに干拓又は客土を行う場合には予め母材である海底土又は湖底土中の酸化性硫黄の含量及びその酸化生成物による土壌の反応の変化の程度を評価，判定する方法を確立することが先決問題である．因つて筆者は土壌中の酸化性硫黄の含量とその変化を迅速且つ簡易に測定する方法の一つとして過酸化水素処理法につき比較検討した．

I．定　量　方　法

筆者は既往の研究においては，干拓地土壌中の硫化物の定量は Lunge の pyrite 中の S の定量法[4] に準じて行つたが，本法は分析操作が繁雑で，多数の試料の迅速定量法としてはやや難点を感じていた．又土壌の酸性化の程度の検定は，試料を畑水分状態で 30°C の定温器中で4週間 incubate した後，pH 価を測定する方法を行つてきたが，試料によつては酸性化の速度にかなりの差があり，更に放置時間を延長する場合に始めて反応が顕著に変化する例もあつて，これ又迅速検定法としての欠点を感じた．村上，入沢[5] は試料を H_2O_2 で処理する場合，硫化物は酸化して硫酸を生じ，強酸性になることから硫化物の定量法として H_2O_2 処理法を提案している．筆者は同氏等の方法を検討した結果，H_2O_2 処理法は酸化性 S の迅速簡易定量法として，とくに実用的にはきわめて好適した方法であることを認め，各種の試料につき検証実験を行つた結果に基き，元法をやや修正して大要次のごとく定めた．

1．試 薬 の 調 製

酸化性硫黄の酸化剤として分析用30 % H_2O_2 を使用した．本試薬に安定剤として硫酸が使用されている場合には原液の pH 価は約2を示すが，ブロムフエノールブルーを指示薬として，Ba $(OH)_2$ 溶液で中和し，生じた $BaSO_4$ を石綿繊維を流しこんだグーチ坩堝にて濾し去り（本液の pH 価は約4），硫酸を完全に除去した後 N/10 NaOH にて pH 価6～6.5に調節した．なお安定剤として硫酸を使用しない場合は，原液はブロムフエノールブルーに対して中和色（紫）を示したが，この場合も N/10 NaOH で pH 価6～6.5に調節した後使用した．

2．定量操作

定量操作はほぼ村上，入沢の方法に準じて行つた．すなわち試料1～2gを 300 ml ビーカーに採り，前記のごとく調製せる 30％ H_2O_2 10 ml を加え，時計皿にて覆い，暫時放置して激甚なる反応が終つた後，湯煎上にて約1時間加熱処理し，然る後ビーカーの内容物を 100 ml メスフラスコに移し，定容とした後濾過した．この濾液 50 ml を用いて，まずフエノールフタレインを指示薬として N/10 NaOH 溶液にて滴定した．次に本滴定操作によつて生成した鉄，アルミナの沈澱を濾別した後，硫酸をベンジジン法による容量法[6]で定量した．

別にメスフラスコ中の土壌懸濁液につき pH メーターと硝子電極を用いて H_2O_2 処理後の土壌の pH 価を測定した．

3．定量結果の表示

滴定酸度　H_2O_2 処理後の土壌浸出液をフエノールフタレインを指示薬として N/10 NaOH 溶液で中和するに要した滴定数を土壌 100 g 当りの ml 数に換算した値を以て滴定酸度とした．この値は中和石灰量を算出する上の参考として役立つ．

活性酸化性硫黄　滴定酸度の測定値からこれに当量の H_2SO_4 の量を，土壌 100 g 当りの S mg で示した値を以て活性酸化性Sとした．この値は全酸化性Sの中，H_2O_2 処理によつて実際に土壌の酸性化に作用したSの量を意味する．

易酸化性硫黄　H_2O_2 処理後の土壌の水溶性 SO_3 から原土の水溶性 SO_3 を控除した値を，土壌 100 g 当りの S mg に換算した値を以て易酸化性Sとして示した．この値は全酸化性Sの中，H_2O_2 処理によつて水溶性 SO_3 に変化したSの量を意味する．

H_2O_2 処理土の pH 価　この値は好気的状態において所含酸化性Sの酸化によつて土壌が酸性化する場合の究極値を示し，畑状態においての反応の変化を推知するのに役立つ．

II．検証分析並びに考察

1．検証分析の成績

H_2O_2 処理法による酸化性Sの定量法と土壌反応の変化の検定法の合理性を検討する目的で，干拓工事中の未排水土として島根県波根湖干拓及び広島県安芸津干拓の表土と下層土，年次を異にする既耕干拓地土壌として岡山県児島干拓地及び福田干拓地の表土及び下層土，干拓地内の遊水池の水底土として福田干拓地内の遊水池土を供試して検証分析を行つた．なお供試土は遊水池土を除き他はすべて6～8年前に採取した土壌を風乾状態で保存したものである．

まず供試各土壌の風乾細土の反応，水溶性塩類及び Lunge の pyrite 分析法による王水可溶性の SO_3 から水溶性 SO_3 を控除した値を 100 g 当りの S mg で示せば第1表のとおりである．

次に同じく風乾細土を用いて H_2O_2 処理を行つた試料の反応，水溶性塩類，滴定酸度，活性及び易酸化性Sの定量値を示せば第2表のとおりで，又比較の参考として未風乾土を畑水分状態で 30°Cに4週間 incubate した試料の反応と水溶性 SO_3 の定量値を第2表に示した．

(1)　土壌の反応とその変化

波根湖及び安芸津干拓地の採取直後の新鮮土の反応は pH 5.82～6.62 を示したが風乾土として保存中に第1表に示すごとく，pH 3.42～5.53 と著しく酸性化した．かつ incubation 後の土壌の反応は pH 3.32～5.50 で，風乾土と大差を示さないが H_2O_2 処理土の反応は pH 2.99～4.49 で，前記2試料に比べて何れも更に酸性側に傾いた．

児島干拓及び福田干拓地の風乾土，incubate せる試料及び H_2O_2 処理土間の反応の変化は

Table 1. Chemical Composition of Air-dry Soils.

Lab. No.	Soil sample	Sampling locality	Depth in cm	pH (H_2O)	Water soluble salts % Cl	SO$_3$	CaO	Total sulfur* S mg/100g
1	Polder Haneko A	Shimane-Pref.	0～10	3.42	0.070	0.859	0.067	908.5
2	Polder Haneko B	Shimane-Pref.	20～	3.49	0.156	1.715	0.176	1531.1
3	Polder Akitsu A	Hiroshima-Pref.	0～20	4.62	0.973	0.818	0.192	220.2
4	Polder Akitsu B	Hiroshima-Pref.	20～	5.53	1.338	0.982	0.278	360.4
5	Polder Fukuda A	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	0～30	4.12	1.564	0.358	0.089	136.9
6	Polder Fukuda B	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	30～50	6.80	0.869	0.276	0.074	673.5
7	Polder Kojima A	Urayasu-chō, Okayama-Pref.	0～14	4.60	0.294	0.204	0.032	199.0
8	Polder Kojima B	Kōjo-son, Okayama-Pref.	76～	6.60	0.112	0.084	0.009	226.6
9	Polder Kojima C	Toyosu-chō, Okayama-Pref.	10～31	6.50	0.019	0.014	0.003	53.3
10	Polder Kojima D	Toyosu-chō, Okayama-Pref.	48～	4.20	0.012	0.226	0.035	305.9
11	Polder Kojima E	Kibi-chō, Okayama-Pref.	58～	3.20	0.027	0.423	0.128	708.7
12	Saline pond soil A	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	0～20	7.40	2.225	0.552	0.076	1008.2
13	Saline pond soil B	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	0～20	8.21	2.173	0.450	0.085	553.4
14	Saline pond soil C	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	50～	8.50	0.295	0.060	0.012	647.4
15	Saline pond soil D	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	100～	8.47	0.469	0.074	0.010	493.7
16	Saline pond soil E	Fukuda-chō, Okayama-Pref.	50～	8.20	0.348	0.089	0.028	465.7

* Calculated from the difference between the sulfate content of the aqua regia extract and that of the water extract of the soil.

Table 2. Chemical Composition of H_2O_2-treated Soils and Incubated Soils.

Lab. No.	Soil sample	H_2O_2-treated soil pH (H_2O)	Water soluble SO$_3$ %	Water soluble CaO %	Titrable acidity N/10 NaOH ml/100g	Active oxidizable sulfur S mg/100g	Easily oxidizable sulfur S mg/100g	Incubated soil pH (H_2O)	Incubated soil Water soluble SO$_3$ %	Increase after H_2O_2-treatment Water soluble SO$_3$ me/100g	Water soluble CaO me/100g
1	Polder Haneko A	3.09	2.347	0.123	496.3	550.2*	595.8	3.32	0.983	37.17	2.00
2	Polder Haneko B	2.99	3.714	0.232	562.1	625.0*	800.4	3.49	1.876	49.93	2.00
3	Polder Akitsu A	4.49	1.249	0.273	73.3	117.5	172.6	4.55	0.835	10.77	2.89
4	Polder Akitsu B	4.15	1.465	0.451	82.7	132.6	193.4	5.50	1.077	12.06	6.17
5	Polder Fukuda A	4.83	0.643	0.178	13.2	21.2	114.0	3.50	0.634	7.12	3.17
6	Polder Fukuda B	4.13	1.768	0.218	82.7	132.6	597.4	3.80	0.978	37.27	5.14
7	Polder Kojima A	4.29	0.545	0.086	69.6	115.6	136.5	4.21	0.428	8.52	1.93
8	Polder Kojima B	4.55	0.586	0.098	16.9	27.1	201.0	4.52	0.562	12.54	3.17
9	Polder Kojima C	6.69	0.103	0.073	0	0	35.6	7.35	0.016	2.22	2.50
10	Polerd Kojima D	3.79	0.773	0.110	45.1	72.3	219.0	3.50	0.741	13.66	2.64
11	Polder Kojima E	3.41	1.412	0.183	233.1	373.7	396.0	3.40	1.402	24.70	1.96
12	Saline pond soil A	3.40	2.517	0.232	266.1	427.4	786.8	3.78	1.447	49.07	5.56
13	Saline pond soil B	5.32	1.561	0.373	47.6	76.3	444.8	5.62	1.173	27.74	10.27
14	Saline pond soil C	3.22	1.544	0.214	177.7	284.9	594.2	6.15	0.347	37.06	7.20
15	Saline pond soil D	3.62	1.231	0.189	95.2	152.6	463.3	6.12	0.429	28.89	6.38
16	Saline pond soil E	3.38	1.222	0.189	136.5	218.9	453.7	5.73	0.360	28.29	5.74

* Calculated from the difference between the titrable acidity of the H_2O_2-treated soil and that of the original soil.

必ずしも一定の傾向を生じなかつたが，風乾土試料が強酸性を示す場合は3種の試料間の反応には大差がなく，試料によっては incubate せる試料又は H_2O_2 処理土の pH が僅かながら増大する例もみられたが，これは試料中の酸化性 S の含量の不均一性に起因すると考えられる．又風乾土の pH 価が 6.5 以上の3試料中，2点は incubation 及び H_2O_2 処理によつて強酸性化したが1点は大差を生じなかつた．

福田遊水池土の5試料は何れも風乾土の pH 価は 7.40～8.50 で，微弱ないし弱アルカリ性を示したが incubation 後の試料は pH 価 5.62～6.15 とやや酸性に変じ，H_2O_2 処理によつて pH 3.22～5.32 と更に著しく強酸性に転じた．

(2)　**水溶性 SO_3 の含量とその変化**

波根湖及び安芸津干拓地の新鮮土の水溶性 SO_3 は 0.028～0.039 %であつたが，風乾土においては 0.818～1.715 %と著しく増加し，incubation 後の試料では 0.885～1.876 %と僅かながら増加し，又 H_2O_2 処理後には 1.249～3.714 %と更に著しく増加した．

児島干拓及び福田干拓地の試料においては，試料間で水溶性 SO_3 の含量にかなりの差がみられたが，H_2O_2 処理土の pH 価が6.69 を示す No. 9 を除き他はすべて風乾土に比べて incubation 後の試料の水溶性 SO_3 は 2～9 倍に増加し，H_2O_2 処理土では程度に差はあるが，更にその量は増加した．

福田遊水池土においても風乾土に比べて incubation 後の試料の水溶性 SO_3 は 2.5～6 倍に，又 H_2O_2 処理土では更にその量は明らかに増加した．

(3)　**滴　定　酸　度**

滴定酸度をみるに H_2O_2 処理土の反応が pH 6.69 を示す No. 9 が 0 を示す以外は 13.1～562.1 の範囲を示し，試料間で大差がみられた．次に H_2O_2 処理土の反応と滴定酸度の関係をみるに，pH 4 以下の試料では 45.1～562.1 の範囲を，又 pH 4 以上の試料では 13.2～82.7 の範囲を示し，概して pH 価の低い試料の滴定酸度が高い値を示す傾向はみられたが，必ずしも一定せず，例外も存在した．

(4)　**酸化性 S の形態**

Lunge の pyrite 分析法による全 S の定量値は 100 g 当り 53.3～1531.1 mg の範囲を，又 H_2O_2 処理法による易酸化性Sの定量値は 35.6～800.4 mg の範囲を示し，ともに試料間で大差がみられた．しかして易酸化性 S の全 S に対する百分率をみるに，福田遊水池土では 78～97 %で試料間で大差なく，何れも H_2O_2 処理によつて全 S の約 80 %以上が水溶性 SO_3 に変化した．然るに干拓地の試料では全 S の 52～89 %が易酸化性 S として定量され，試料によつて大差を生じた．しかして Lunge 法においては酸化性Sの外に王水可溶性の硫酸塩も同時に定量されていることから本定量値がやゝ高い値を示すのは当然であるが，試料によつては両定量値に大差を生じた理由として干拓地土壌は採取後かなりの年月を経過していることから保存中に酸化性Sの一部が H_2O_2 によつては酸化され難い形態に変化したためか，或は H_2O_2 処理後の試料中の硫酸塩の一部が水に不溶性の塩基性硫酸鉄として存在しているためかの何れかによると考えられる．HART[1] も Sierra Leone のマングローブ土壌の乾土中には塩基性硫酸鉄が常成分として含まれていると報じ，従つて全硫酸塩の定量には試料の溶解法を注意して行つている．

次に活性酸化性 S の含量をみるに，100 g 当り S として 0～625.0 mg の範囲を示し，これも又試料によって大差を生じた．しかして波根湖干拓地の表土と下層土は，滴定酸度に当量の H_2SO_4 はそれぞれ 795.7 及び 901.2mg S/100g となるが，原土の pH 価が 3.42 及び 3.49 と強酸性を示したので原土の滴定酸度を同様に定量したところ 153.1 及び 172.3 を，又これに

当量の H_2SO_4 は 245.5 及び 276.2 mg S/100 g となつた．よつて両試料に関する限りは活性酸化性 S の値は H_2O_2 処理前後の各試料の滴定酸度に当量の S の差を以て示した．さもないと活性酸化性 S の値が易酸化性 S の値より大となり不合理な結果となる．従つて風乾土が強酸性反応を示す場合は H_2O_2 処理前後の試料の滴定酸度を定量し，その差に当量の S の値を以て活性酸化性 S とするのが合理的と考える．

(5) **易酸化性 S と活性酸化性 S の関係**

易酸化性 S に対する活性酸化性 S の比率をみるに No. 1 のごとく 93 %とほゞ両定量値が近似値を示す場合もあれば No. 5 のごとく 19 %と両定量値に大差を示す場合もあり，又 No. 9 のごとく活性酸化性 S の 0 に対して易酸化性 S は 35.6 mg を示すような例もあり，両酸化性 S の量的関係は試料によつて一定しなかつた．このことは硫化物又は硫黄の酸化生成物のすべてが必ずしも土壌の反応に直接関与しない場合のあることを意味している．その理由として土壌の緩衝能に差があること，とくに易溶性の塩基の化合物の存在するときは H_2O_2 処理によつて生じた硫酸が定量操作中に中性の硫酸塩に変化することなどに起因すると考えられる．現に海底土試料中にはかなりの貝殻片の存在するものもあり，かつ KELLEY[2] は塩類土中には易溶性の石灰，苦土の炭酸塩や珪酸塩の存在することを報じ，又 STAIKOFF[3] も珪酸苦土の存在を指摘している．かゝる推定が妥当であるか否かを確めるため H_2O_2 処理によつて増加する水溶性の SO_3 と CaO の土壌 100 g 当りの mg 当量値を求めた結果は第2表に示すとおりである．本成績によれば H_2O_2 処理土が強酸性を示す場合は，試料中の活性及び易酸化性 S の含量が多いのに加えて，水溶性 CaO の増加量に比べて SO_3 の増加量は 1，2 の例外を除き著しく多く，これに対して pH 6.69 を示す No. 9 ではむしろ CaO の増加量がやゝ多くなる結果を示した．

H_2O_2 処理土の反応と易酸化性 S の含量及び原土中の易溶性塩基の含量の間の関係を更に解明するため笠岡湾干拓計画地の海底土の中 H_2O_2 処理土の反応を異にする5試料を供試して風乾原土と H_2O_2 処理土の水溶性塩類の量的関係を分析した結果は第3表に示すとおりである．まず酸化性 S の含量をみるに，H_2O_2 処理土の pH 価が 6 以上を示す4試料の活性酸化性 S は 0 を示したのに対して易酸化性 S は 253～337 mg/100 g を示し，各試料ともにかなりの酸化性 S を含むことが判つた．又風乾細土の水溶性塩類としてカルシウム塩に比べてマグネシウム塩が数倍多く含まれていることは興味深く，かつ H_2O_2 処理によつて両塩基ともにかなりの量が水溶性の形態に変じたが，その増加量はカルシウム塩の方が多い傾向がみられた．

Table 3. Comparative Results between the Contents of Water-soluble Salts of the Original Soils and the H_2O_2-treated Soils.

Soil No.	Water extract of original soil					Water extract of H_2O_2-treated soil				Active oxidizable S mg/100g	Easily oxidizable S mg/100g	Increase after H_2O_2-treatment	
	pH	Water-soluble salts me/100g				pH	Water-soluble salts me/100g					SO_3 me/100g	CaO+MgO me/100g
		Cl	SO_3	CaO	MgO		SO_3	CaO	MgO				
2—1*	8.23	46.76	6.72	2.75	6.65	7.59	22.51	18.01	9.37	0	253.1	15.79	17.98
26-2**	8.23	45.58	6.32	2.85	6.00	7.01	24.00	13.94	12.65	0	283.5	17.68	17.74
32—1*	7.92	55.73	9.97	4.21	8.83	6.72	33.15	17.12	16.82	0	371.6	23.18	20.90
32—2**	8.27	45.46	6.32	2.28	6.15	6.45	27.40	12.45	12.45	0	337.9	21.08	16.47
2-2**	8.08	59.9[illegible]	7.[illegible]	2.71	8.88	5.21	29.40	9.95	19.00	34.6	347.9	21.71	17.36

* Collected from surface layer of the sea-bottom.

** Collected from a depth of about 1 meter of the sea-bottom.

次に上記の成績より H_2O_2 処理によつて増加する水溶性の SO_3 と CaO+MgO の 100 g 当りの mg 当量値をみるに，H_2O_2 処理土の pH 価が 7.59 を示す2—1試料では塩基の増加量が，SO_3 の増加量に比べてやゝ多く，pH 7.01 の 26—2 試料では両増加量はほゞ相等しく，これに対して pH 6.72 以下を示す3試料では SO_3 の増加量が塩基の増加量より多くなる傾向を生じた．このことは海底土中にかなりの酸化性 S が存在する場合でも易溶性塩基が多量に存在する場合は土壌の反応そのものは好気的状態においても著しくは変化しないことを証明している．その結果，かゝる試料においては滴定酸度及び活性酸化性 S の定量値が 0 又はきわめて低い値を示す一方，易酸化性 S がかなり高い値を示す場合のあることが判つた．

要するに H_2O_2 処理土の反応の変化は，所含酸化性 S の多少に加えて原土中に存在する易溶性塩基と酸化性 S の相対的割合によつても又左右されるもので，従つて酸化性 S の含量そのものを問題とする場合には単に滴定酸度の値から活性酸化性 S を算出するだけでは不十分であることは明白である．

2．海底土客入地の酸化性硫黄と反応の変化

酸化性 S を含む土壌の反応が好気的状態下でいかに変化するかの検定法としての H_2O_2 処理法の合理性を検討するため，筆者等が岡山県上南土地改良区のサンドポンプによる海底土砂の客土地を対象として，2年間に亘つて現地土壌の反応の経時的変化を調査した結果[7]と，客土直後の土壌について H_2O_2 処理法によつて求めた pH 価との関係を示せば第4表のとおりである．

Table 4.　Contents of Oxidizable Sulfur and Change of Reaction of Transported Soils Derived from Sea Muds.

Soil No.	pH value of transported soil derived from sea mud: 1958 May 31 Soon after transporting	1958 Nov. 21 After harvest	1959 May 25 Before flooding	1959 Jul. 22 After flooding	1959 Nov. 22 After harvest	Chemical composition of transported sea mud: pH of H_2O_2-treated soil	Water-soluble SO_3 %: Original soil	Water-soluble SO_3 %: H_2O_2-treated soil	Titrable acidity N/10 NaOH ml/100g	Active oxidizable S mg/100g	Easily oxidizable S mg/100g
5—1	6.8	6.7	7.4	6.7	7.1	4.69	0.372	0.820	10.6	17.0	179.4
6—1	6.5	7.8	7.2	4.3	6.4	4.10	0.470	1.297	68.1	109.2	331.1
7—1	6.2	7.3	5.0	5.1	5.2	3.98	0.552	1.467	107.4	172.2	366.4
8—1	6.6	7.3	4.8	6.5	5.6	4.02	0.484	1.730	128.7	206.3	498.9
9—1	6.7	7.3	5.8	6.3	6.5	4.23	0.284	1.275	48.9	78.4	396.8
10—1	6.7	7.1	4.3	4.6	4.6	4.65	0.252	1.211	55.3	88.7	384.0
11—1	6.4	7.3	4.1	5.3	4.5	4.20	0.458	1.446	95.7	153.4	395.6
12—1	6.5	7.1	7.1	7.8	4.6	4.17	0.375	1.488	83.0	133.1	445.6
13—1	6.5	7.5	4.2	5.0	4.5	4.21	0.443	1.624	96.8	155.2	472.9
14—1	6.4	7.2	4.2	4.8	4.6	4.08	0.502	1.773	130.8	209.7	508.9
15—1	6.1	6.7	7.0	6.3	6.4	4.14	0.384	1.531	80.8	129.5	459.3
16—1	6.4	6.5	4.1	4.7	4.3	4.40	0.458	1.645	94.7	151.8	475.3

まず，客土直後の客土層試料の酸化性 S の含量をみるに，活性酸化性 S は 17.0～209.7 mg/100 g を，又易酸化性Sは 179.4～508.9 mg/100 g の範囲を示し，客土層中にはかなりの酸化性Sが存在することが判つた．かつ H_2O_2 処理土の反応も pH 3.98～4.69 の値を示し，本客土層は畑状態では強酸性に転ずる潜在性を有することを知つた．

次に客土直後から2カ年間に亘つて，これら客土層の，自然状態においての反応の変化をみる

に，除塩前の客土直後の試料の反応は pH 6.1～6.8 を示したが，収穫直後は pH 6.5～7.8 の範囲を示し，各試料とも僅かながらアルカリ側に傾いた．しかるに秋季から春季にかけての落水期間中に4試料を除く他はすべて明らかに酸性に変じ，pH 5 以下の試料も半数に達し，かつ収穫直後には4試料を除き他は pH 6 以下で，ほゞ同様の状態を示した．本成績の示すごとく個々の試料については土壌の反応の変化は必ずしも一定した傾向を示さなかつたが，その理由の一つは客土試料中における酸化性Sの含量の不均一性に由来すると考えられる．

しかして2年目の収穫時の土壌の反応と H_2O_2 処理土の反応を比較するに，2試料を除き他は H_2O_2 処理土の pH 価は低い値を示したが，他方両 pH 価のかなり近似したものも存在した．一般的にいつて客土層の酸性化の程度は時間の経過とともに進行し，かつその pH 価は次第に H_2O_2 処理土の pH 価に接近する傾向が認められることから H_2O_2 処理法は畑状態においての土壌反応の変化を予測する方法として合理的であると考える．

Ⅲ．要　　結

海底土及び干拓地土壌中に存在する酸化性硫黄の含量並びに好気的状態においての酸化に基く土壌反応の変化を迅速かつ簡易に評価，判定する方法としての H_2O_2 処理法を検討し，次のごとく定めた．予め硫酸を除去せる後 pH 価を 6～6.5 に調節した 30％ H_2O_2 を用いて土壌を加熱処理し，然る後土壌の反応を測定した．又処理後の土壌浸出液を用いて，フエノールフタレインを指示薬として中和に要する滴定数を求め，土壌 100g 当りの中和滴定数を以て滴定酸度とした．次に本滴定酸度に当量の H_2SO_4 の量を 100g 当りの S mg で示した値を以て活性酸化性 S の量とした．別に H_2O_2 処理前後の試料についての水溶性 SO_3 の差を求め，これを 100g 当りの S mg で示した値を以て易酸化性 S の量とした．

H_2O_2 処理法による上記酸化性 S の定量法と土壌反応の変化の検定法の合理性を検討する目的で遊水池底土，海底土及びその客土層，年次を異にする干拓地土壌を供試して検証分析を行つた結果，海底土の客土層の反応は年次の経過とともに次第に H_2O_2 処理法によつて求めた pH 価に接近することから土壌反応の変化を予測する方法として合理的であることを確認した．又活性酸化性 S と易酸化性 S の量的関係は試料によつては著しい差のあることを認めたが，その主原因は土壌中の易溶性塩基と酸化性 S の含量の相対的割合に基くことを明らかにした．又新鮮土の易酸化性 S は Lunge の王水処理法で求めた全 S の 80％以上の値を示したが，長期間保存した風乾試料においては測定量値にかなりの差を生ずる場合のあることを知つた．

引　用　文　献

1）Hart, M.G. (1959) : Plant and Soil., **11** ; 215～236.
2）Kelley, W.P. (1934) : Jour. Agr. Sci., **24** ; 72.
3）Staikoff, Z. (1940) : Bodenkunde Pflanzenernäh., **21/22** ; 581.
4）Treadwell, E.P. (1935) : Analytical Chemistry, **2** ; 332～333.
5）村上英行，入沢周作 (1960) : 土肥誌講演要旨集，**6** ; 12.
6）京大農芸化学教室編 (1957) : 農芸化学実験書，**1** ; 100～101.
7）米田茂男，河内知道 (1960) : 岡大農土肥教室報告，**6** ; 1～39.

牛および山羊に於ける乳腺拡散因子

湯原正高，和田宏

Mammary Gland Spreading Factor in Cows and Goats.

Masataka YUHARA and Hiroshi WADA

To demonstrate the presence of mammary gland spreading factor in the mammary tissues of pregnant cows and goats was the object of this study.

Mammary tissues were taken from cows at a slaughterhouse. The stage of pregnancy of cows was estimated on the basis of development of the body and growth of hair of their fetuses. Mammary gland tissues of the goats were dissected from the udder of living body, and the stage of pregnancy was counted from the date of mating.

Following dissection the mammary tissues were frozen and paddy tissues were removed from them. And then mammary gland spreading factor was determined mainly by ELLIOTT and Turner's method.

The mammary tissues were homogenized with a 0.1 M sodium acetate buffer of pH 6.0 with 0.15 M sodium chloride. The homogenates were centrifuged for 20 minutes at 2,000 r.p.m., and then the aqueous layer was pipetted off for assay, avoiding fat layer. Finally, the mammary gland extracts were diluted with the buffer to 20 times the weight of initial tissues. Rabbits weighing 2 to 3 kg were clipped on the back. The extract and acetate buffer were injected intradermally alternatively on both sides of the back of the rabbit, using Mantoux's needle. Width and length of the blebs were measured immediately after injection and 30 minutes, 1, 2, 3 and 6 hours later, and then the net area of spread was caluculated.

The results obtained from the present study were shown in Table 1. The mammary gland spreading factor was found in the mammary tissues of pregnant cows and goats, but was not detected in the tissue of the nonpregnant goat.

For homogenization of the tissues, mortar seemed to be more effective than the homogenizer. It must be because the former could preserve the activity of the substances better than the latter.

緒　言

これまで乳腺は妊娠中期までに発育を完了するものと考えられていたが，最近，WADA and TURNER はマウスの乳腺中の desoxyribosenuclic acid の測定により，妊娠前半期にひきつづき妊娠後半期にも持続的に乳腺が発育することを知つた.[1] 何れにしても乳腺発育の或る段階に於いては発生した乳芽は組織中に穿入貫通しなければならない．この乳腺の発育に関し，乳腺拡散因子は乳芽が乳房の結締織への穿入に関与すると云う興味ある見解が発表されている．ELLIOTT and TURNER は妊娠中の実験小動物，すなわちマウス，ラッテ，モルモット，兎などの乳腺組織中に乳腺拡散因子が存在することを報告している[2].

本実験は，妊娠中の和牛および山羊などの家畜に於ける乳腺拡散因子 (Mammary Grand Spreading Factor) の存在を確かめるために行なつた．

I．実験材料および方法

乳腺拡散因子の測定は ELLIOTT and TURNER がマウス，ラッテなどの実験小動物で行なつた方法に準じて行なつた．乳腺拡散因子は乳腺組織からの抽出液を家兎の皮内に注射し，一定時間後の拡散面積によつて量的に表わされる．本研究に於いて和牛の乳腺は屠畜場より解体直後の牝のものを採り，山羊の乳腺は生体より 2～3 g 宛採取した．乳腺は採取後，直ちに冷蔵し，出来るだけ脂肪および結締組織を除去した．これらの乳腺 1 g につき，0.15 M Nacl を含む pH 6 の醋酸緩衝液（以後緩衝液）6.25 ml を加え Homogenize し，ついで 2000 r. p. m. で 20 分間遠心分離を行ない，上層の脂肪をさけて上澄液をピペットで取り出し，これを抽出原液とした．拡散の indicator としては，緩衝液に溶解した 2 % Evans Blue 液を用いた．試験液はこの抽出原液 1：緩衝液 1：2 % Evans Blue 溶液 1 の割合に混合調整し，対照液は緩衝液 2：2 % Evans Blue 1 の割合に混合した．この稀釈により，試験液の稀釈倍率はもとの乳腺組織の約 20 倍になる．

検定には体重 2～3 kg の白色在来種家兎を用い，その背部を電気バリカンで剪毛し，この兎の背線両側に交互に一定間隔で供試後抽出液および対照液をそれぞれ 0.3 ml づつ 6 カ所に皮内注射した．注射には 0.5 ml のツベルクリン注射器とマントー氏注射針を用い注意深く皮下注射した．また，1 試料について少なくとも 2 頭の兎を用いた．試験液，対照液は同時に注射し，注射直後に水胞部の面積を測り，その後 30 分，1 時間，3 時間，6 時間にそれらの拡散面積を計算した．すなわち 1/20 mm 副尺付キャリパーで直交する長径と短径を計測し，楕円公式によつて拡散面積を算出し，それぞれの時間に於ける各々の面積から，最初の面積を差引いたものを各時間に於ける拡散面積とした．試験液および対照液の各時間に於ける拡散面積の差を乳腺拡散因子による拡散とみなした．なお拡散部の周辺を明瞭にするために胡麻油を少量滴下して観察，測定を行なつた．抽出方法による影響をみるために Homogenizer の代りに乳鉢を用い，供試乳腺を硝子粉と共に 30 分間磨砕しその結果を比較した．また稀釈倍率による拡散力の差を見るために，4 倍抽出液と 20 倍抽出液の比較も行なつた．4 倍抽出液は乳腺に 4 倍の緩衝液を加えて磨砕し抽出した．なお，山羊の妊娠日数は交配月日より正確に計算したものである．牛の場合は胎仔の体長（頭頂一尾端間），体重，胸囲などを測定したが，和牛の胎仔発育に関する調査がないので成書にみられる一般の牛の胎仔の発育を参考にし，さらに眼瞼，耳縁，鼻端，背線，尾端，蹄冠部および全身の発毛状況を参考にして推定したもので，必ずしも正確な妊娠日数を示すものではない．

II．実験結果および考察

妊娠中の和牛の乳腺拡散因子

妊娠中および分娩後の和牛の乳腺拡散因子の測定結果は第 1 表に示した．この表は試料を皮内注射後 30 分，1 時間，2 時間，3 時間，6 時間に於ける乳腺抽出液と緩衝液の拡散面積の差を示したもので，何れの場合にも試験区の方が拡散面積が大きく，乳腺拡散因子が存在することを示した．乳腺材料は妊娠 140 日から 210 日までの和牛 6 頭並びに子宮および乳房の状態から分娩後又は流産後のものと推定される和牛 1 頭であつた．

ELLIOTT and TURNER はマウスおよびラッテなどで，注射後 30 分の拡散面積により拡散量を

Table 1. Spread area induced by extract of mammary gland tissue of cows and goats.

Animal	Animal No.	Stage of pregnancy in days	Spread area over control mm²				
			30 min.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	6 hrs.
Japanese Black breed of cattle	1	140 *	61.0	77.8	64.1	78.6	187.6
	2	180 *	64.6	19.1	70.9	82.4	107.7
	3	180 *	55.8	84.4	50.3	83.8	101.2
	4	190 *	47.6	77.0	102.6	122.5	161.8
	5	210 *	34.1	107.9	102.5	123.1	527.4
	6	210 *	47.3	67.5	146.9	165.3	236.0
	7	Postpartum ?	61.2	80.4	128.5	140.8	146.5
Goat	8	77	48.6	46.2	49.0	51.8	60.2
	9	77 **	39.8	73.6	146.8	220.0	439.6
	10	100	24.0	26.7	53.2	42.1	132.6
	11	130	100.6	51.4	59.6	91.0	250.5
	12	Non pregnant	14.3	−23.5	−14.3	− 8.7	14.0

* Stage of pregnancy was estimated on the base of fetal development and growth of its hair.
** Dilution : 1 to 4 in weight to tissue.

表わしているが筆者らは30分後の他に，1時間，2時間，3時間および6時間後の拡散面積を計測した．

妊娠140日から210日までの和牛の乳腺抽出液の注射後30分の拡散面積は何れも対照より大きかつたが，妊娠日数との間に特別の関係は見られなかつた．注射後3時間に於ては乳腺抽出液と対照液との拡散値の差も著明になつた．また供試牛の推定妊期の範囲内に於ては，妊娠期の進んだものの方が，拡散値が大きい傾向があつた．6時間後では拡散の周辺部が浸潤して不鮮明になり，面積計測の正確さを欠ぐ恨みがある．

この点から考えて拡散面積の測定は注射後30分よりも3時間が適当と考えられる．第1図，第2図は供試した妊娠140日および210日の和牛の乳腺抽出液注射による拡散面積の時間的経過を図示したものであるが，何れの場合も，乳腺抽出液の拡散面積が対照液のそれよりも大きかつた．

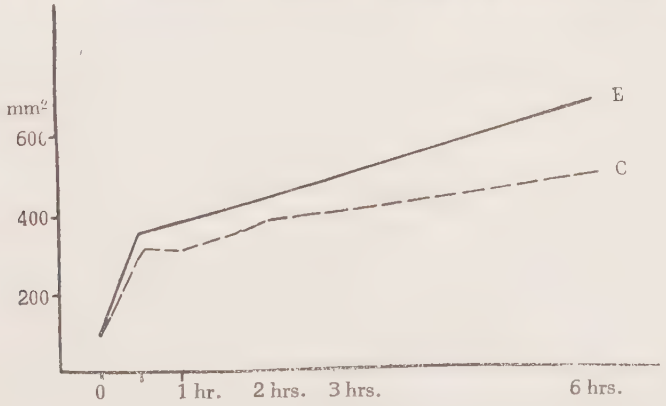


Fig. 1 Spread area of extract from mammary gland tissue of a cow pregnant for 140 days.

C : Control.　　E : Extract of mammary gland tissue.

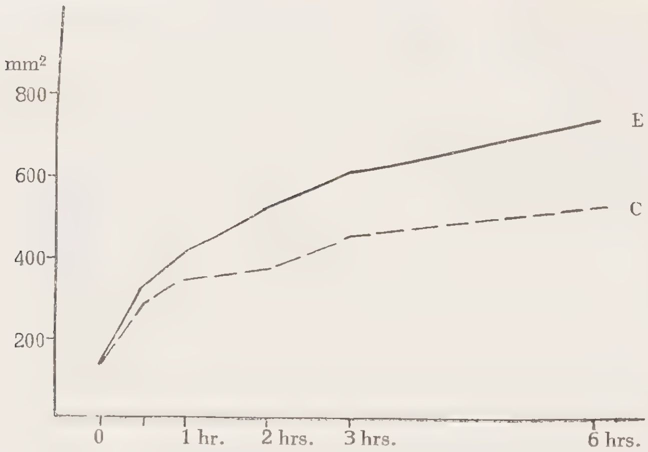


Fig. 2 Spread area of extract from mammary gland tissue of a cow pregnant for 210 days.

C : Control.　　E : Extract of mammary gland tissue.

妊娠中の山羊の乳腺拡散因子

妊娠77，100，130日および非妊の山羊の乳腺抽出液の拡散の測定結果を同じく第1表に示した．妊娠中の乳腺抽出液は対照液に比し，拡散面積が大きく，乳腺拡散因子の存在を示した，然しながら，非妊の山羊の乳腺抽出液と対照液の拡散面積はほぼ同じで，6時間後に於てほとんど差が見られなかつた．

稀釈倍率と拡散面積

本実験の乳腺抽出液の注射液の稀釈倍率は乳腺材料に対する重量比で20倍であつたが，稀釈倍率による拡散力の差を見るために，妊娠77日の山羊乳腺材料から重量比で4倍抽出液をつくり，これと同じ乳腺の20倍抽出液の拡散面積を比較した．その結果は第3図に示した．

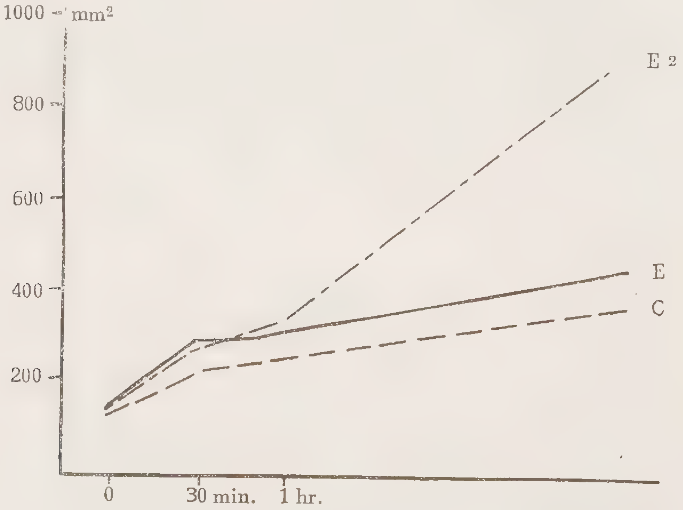


Fig. 3 Spread area of extract of mammary gland tissue of a goat pregnant for 77 days.

C : Control.　　E1 : Extract of mammary gland tissue, 1 to 20 in weight to tissue.
E2 : Extract of mammary gland tissue, 1 to 4 in weight to tissue.

注射後30分では，4倍稀釈も20倍稀釈もほとんど差がなかつたが，1時間以後より差が現われ，時間と共に拡散面積の差が顕著で加速度的に大きくなり，4倍稀釈の拡散速度が20倍稀釈のそれよりも著しく大きかつた．この結果からみても，30分後の拡散面積の測定は本実験の条件下では少くとも拡散力の比較方法として適当ではないものと考えられ，また拡散力の差を充分には発現させ得ないことが判つた．乳腺抽出液の濃度は若干倍率が低い方がよい結果を与えることが判つた．

磨砕方法の検討

Homogenizer によつて乳腺を均質化した時，高速度の攪拌による多量の空気との接触により拡散因子が一部破壊されることも予想されたので，この他に，乳鉢に乳腺材料を硝子粉と共に入れ，磨砕し，20倍に稀釈して供試家兎の背部に注射し，その拡散面積を測定した．

この結果 Homogenize に比し，磨砕区がやや拡散面積が大きかつた．すなわち拡散因子の保全には乳鉢による磨砕の方が好結果を与えた．

実験小動物と異なり中，大家畜では新鮮な乳腺材料の入手困難のため例数が少なく，特に妊娠初期および末期のものが少なかつた．また和牛の場合は産次も不明であつたし，既述の如く正確な妊娠時期は不明で，単に推定に基いたものであつた．しかしながら，妊娠中の和牛および山羊の乳腺組織中に乳腺拡散因子が存在することを認めた．本実験では拡散面積の測定にその測定方法や，使用する兎の栄養状態，特に皮膚の状態，年令，体重などが影響する．また測定時に兎の姿勢を一定に保つことは非常に重要な問題である．この意味からも，使用する家兎の年令，体重が略等しく少くとも，2～3頭を使用するのが望ましい．他の一つの大きな問題は皮膚に対し切創その他により，刺戟を与えた場合その部分の拡散が極めて明らかに妨げられるから，剪毛や脱毛操作の拙劣は拡散面積に影響を与えるものと思われる．このような理由により，皮膚に刺戟を与えないため，薬品による脱毛より，電気バリカンによる剪毛が良かつた．また拡散部に対する胡麻油の滴下は拡散の観察に非常な助けとなり，効果的であることを知つた．Estrogene や Progesterone は，もちろん，乳腺の発達に関与するが，リラキシンは，さらにこれら卵巣のステロイド・ホルモンの効果を助長促進することが最近明らかにされている[6,7,8]．またこの二つのステロイド・ホルモンは乳腺拡散因子の生成に関与しているが，リラキシンは乳腺拡散因子の生成には直接関係がなく，またこの拡散因子の中にリラキシンは含まれていないと云われている．さらに Hyaluronidase は乳腺拡散因子とは関係がないことが報告されている[2,3,4,5]．何れにしても，乳腺拡散因子が牛や山羊などの乳腺組織に認められることから，この因子が牛など反芻家畜の乳腺の発達に何らかの役割を演じているものと思われる．この報告は牛および山羊の乳腺に於ける乳腺拡散因子の存在の最初の証明である．

Ⅲ．摘　　要

妊娠中の和牛および山羊の乳腺組織中の乳腺拡散因子の存在を確かめるためにこの実験を行なつた．和牛の妊娠程度は屠場より採取し，妊娠日数は胎仔の発育程度，発毛の状態によつて推定した．山羊の乳腺は生体から2～3g採取し，妊娠日数は交配の日時から計算した．

乳腺拡散因子の測定は Elliott and Turner の方法に従つて行ない，その結果は第1表に示した．本研究で和牛および山羊の乳腺組織中に乳腺拡散因子が存在することを認めた．しかし非妊の山羊ではその存在を検知することが出来なかつた．

本研究にあたり，多大の御教示と御指導を頂いた小松伊三郎教授に深く感謝する．

文　　献

1) WADA, H. and C.W. TURNER (1959) : J. Dairy Sci., **42** ; 1198.

2) ELLIOTT, J.R. and C.W. TURNER (1953) : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., No. 537.

3) ELLIOTT, J.R. and C.W. TURNER (1951) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **77** ; 320.

4) ELLIOTT, J.R. and C.W. TURNER (1953) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **82** ; 234.

5) ELLIOTT, J.R. and C.W. TURNER (1951) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **77** ; 33.

6) WADA, H. and C.W. TURNER (1958) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **99** ; 194.

7) WADA, H. and C.W. TURNER (1959) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **101** ; 707.

8) WADA, H. and C.W. TURNER (1959) : Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., **102** ; 568.

レンゲの飼料価値に関する研究

（第1報） レンゲの化学成分並びにそのエンシレージ調製と品質について

須藤　浩・西松一郎

Studies on the Feeding Value of Chinese Milk-Vetch.

I. On the Chemical Composition of Chinese Milk-Vetch and the Quality of Chinese Milk-Vetch Silage.

Hiroshi SUTOH and Ichirô NISHIMATSU

The chinese milk-vetch, *Astragalus sinicus L.*, is cultivated in paddy-fields as the winter crop from late September (or early October) to late May. This crop develops very vigorously under suitable conditions. The crop heretofore has mostly been cultivated for the purpose of utilizing it as the green manure, but its full utilization as the fodder is very important since the crop is rich in nutrients.

The authors are at present investigating the feeding value of this plant from the nutritional viewpoint ; in this paper, however, the results obtained on the variations of the chemical composition and of the yield of nutrients in various growing stage and on the silage-making from the chinese milk-vetch, will be reported.

The following are some of the results obtained :

(1) The chinese milk-vetch cultivated in paddy-fields as the winter crop was reaped eight times at intervals of approximately a week from April 16 (before the bloom stage) to June 3 (the early stage of the seed maturity). These eight samples of chinese milk-vetch reaped at different times were analyzed.

It was inferred that the yields of solid substance and of crude protein per 10 a. were about the maximum in the stage of full bloom.

(2) The crude protein content of chinese milk-vetch in the stage of full bloom was 40.5 % in leaves, 12.4 % in stems and 28.6 % in floweres. The distribution of crude protein was as follows : 47.3 % in the portion of leaves, 44.7 % in the portion of stems and 8.0 % in the portion of flowers. The artificial digestibility of crude protein of leaves, of stems and of flowers was respectively 64.4, 64.8 and 71.3 per cent. The crude protein content of pods in the early stage of the seed maturity was 29 per cent on the dry matter basis and nearly equal to that of flowers.

(3) Chinese milk-vetch was ensiled according to the following scheme :

Lot	Date of cutting	Stage of growth	Silo	Treatment
a) Semiairtight	May 3	Just before full bloom	Experimental small silo	No wilting, chopped, no weight and kept in semiairtight condition by sealing up with vinyl wrapper.
b) Wilted	May 3	Just before full bloom	Experimental small silo	Chopped, wilted slightly, ensiled in the usual manner.
c) Cut on June 3	June 3	The early stage of the seed maturity	Experimental small silo	No wilting, chopped, ensiled on the usual manner.
d) No chopping	May 20	Ten days after full bloom	Conventional silo	Wilted slightly, no chopping.

The quality of resulted silages was excellent or good in the wilted- and semiair-tight-lot. The silage of the wilted-lot was found to have the following properties: pH 3.99, lactic acid content 2.58, acetic acid content 0.66 and butyric acid content 0 per cent.

(4) The results of digestion experiment on rabbits are shown in the Tables 13 and 14.

The digestibility of organic matter of silage in semiairtight-lot, wilted-lot, cut on June 3-lot, and in no chopping-lot was respectively 64.2, 58.2, 26.8 and 38.9 per cent.

(5) The ratio of water soluble nitrogen to the total nitrogen was higher in good silage than in poor silage.

(6) In good silage the results of calculation of the digestibility of silage protein by WATSON's formula practically agreed with the results of digestion experiments on rabbits.

(7) The ratio of amino nitrogen to the total nitrogen in the silage of low pH vallues was higher than that in the silage of high pH values.

緒　　言

レンゲ *Astragalus sinicus L.* は現在わが国では，緑肥または飼料作物として栽培されているものゝうち，栽培面積がもつとも広いもので，水田の裏作として大部分が栽培されている．これを完全に飼料化することは大切なことである．

このことから，従来飼料的利用の研究がかなり多くなされたが，著者らは主として生育各期における収量・養分含量・生育期別によるエンシレージの調製と品質・エンシレージの品質と水溶性窒素，人工消化率との関係などについて実験を行つたので，その結果を報告する．

I．レンゲの各生育期における成分

A. 生育期別の収量

生育期別に乾物並びに一般養分が，どのように変化するかを知る目的で，1957年水田播種の裏作レンゲの均一に生育している圃場を試験地に選び，4月16日より1週間毎に8回刈りとり，6月3日に至り，その収量並びに草丈・水分・粗蛋白質の含量を測定した．その結果は Table 1のとおりである．

Table 1. Yield and Crude Protein Content on Different growing Stages of Chinese Milk-Vetch

Item \ Stage	Before bloom (Apr. 16)	Just before bloom (Apr. 24)	Half bloom (Apr. 30)	Ninety per cent bloom (May 7)	2 to 3 days after full bloom (May 14)	10 to 11 days after full bloom (May 22)	Terminated stage of bloom (May 28)	The early stage of the seed maturity (June 3)
Yield in 3.3 m² (Tsubo)	6,000 g	9,240	13,888	19,325	20,211	12,534	11,819	10,944
Weeds in 3.3 m²	394 g	980	686	643	878	1,674	507	390
The ratio of weeds to the total	6.2 %	9.6	4.7	3.2	4.1	9.3	4.1	3.4
Yield per 10 ares	1,800 kg	2,772	4,166	5,798	6,085	3,761	3,546	3,283
Ratio of yield	100	154	231	322	338	209	197	182

Moisture	86.8%	90.0	89.2	90.3	90.0	88.0	85.1	82.3
Yield of solid substance per 10 a.	238kg	277	450	562	608	451	528	581
Ratio	100	117	189	236	256	190	220	245
Crude protein	2.65%	2.65	2.22	1.85	1.96	2.35	2.35	3.39
Yield per 10 a.	47.7kg	73.5	92.5	107.3	119.3	88.4	83.3	111.3
Ratio	100	154	194	225	250	185	175	233

ここに得られた結果は，１区（坪刈）制で，水分・粗蛋白質の定量の際，試料のとり方に多少不備の点があつたので，誤差は免れないが，大体の傾向は，単位面積よりの固形物・粗蛋白質の収量は，開花前より漸次増加し，満開期前後に，最高になるものと推察される．

B.　満開期におけるレンゲ各部位の化学成分の比較

次に満開期におけるレンゲ20本の個体からとつた葉・茎・花の比率並びに成分の分布状態を示すと Table 2，3 のとおりである．

Table 2.　The Ratio of Leaves, Stems and Flowers in the Stage of Full Bloom of Chinese Milk-Vetch (May 10)

	Leaves	Stems	Flowers	Total
Weight (g)	27.0	163.4	8.9	199.3
Rate (%)	13.5	82.0	4.5	100.0

この時期のレンゲの葉は14％，茎は82％の大部分を占めて花は４％位である．

Table 3.　Chemical Composition of Chinese Milk-Vetch

	Moisture	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fibre	Crude ash	True protein
Leaves	84.8	6.2 40.5	1.4 8.9	5.5 37.1	1.0 6.2	1.1 7.3	— —
Stems	92.2	1.0 12.4	0.2 3.1	4.2 54.3	1.9 24.0	0.5 6.2	— —
Flowers	89.1	3.1 28.6	0.3 2.8	5.1 46.8	1.7 15.7	0.7 6.1	— —
The whole	90.7	2.0 21.1	0.3 3.4	4.3 40.6	2.0 21.1	0.7 7.8	1.5 16.0

またレンゲ各部における粗蛋白質の分布を示すと Table 4 のとおりである．

Table 4.　Distribution of Crude Protein of Chinese Milk-Vetch in the stage of Full Bloom (In 1 kg)

	Leaves	Stems	Flowers	Total
Crude protein (g)	83.30	78.72	14.09	176.11
Rate (%)	47.3	44.7	8.0	100

これによつて，葉部は粗蛋白質含量がもつとも高く，粗繊維の含量が低いことが知られる．粗蛋白質の分布は，葉部が茎部より重量的には，はるかに少ないにも拘わらず，その粗蛋白質含量が高いので，全含量は多くなり，47％に及んでいる．

葉が蛋白質その他の養分供給源として，重要なことは，レンゲにおいても，他の作物の場合と

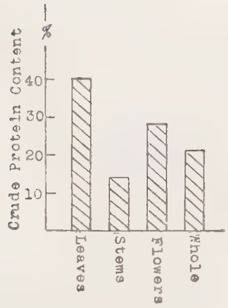


Fig. 1　Crude protein content of chinese milk-vetch (on the dry matter basis).

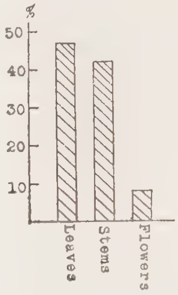


Fig. 2　Distribution of crude protein of chinese milk-vetch.

同様である．乾草調製の際，葉部の機械的損失を少なくすることの重要性が知られる．

次に WEDEMYER 氏法(1) によつて葉・茎・花の粗蛋白質の人工消化率を査定した結果は Table 5 のとおりである．

Table 5.　Digestion Coefficients of Crude Protein by means of WEDEMYER Method

	Moisture	Crude protein	Digestibility	Digestible crude protein
Leaves	4.7%	38.6%	64.4%	24.8%
Stems	5.4	11.7	64.8	7.6
Flowers	5.3	27.1	71.3	19.3

この結果によると，葉・茎の粗蛋白質の消化率上には大差がないが，花の粗白質の消化率はやや前2者のそれにまさることが知られる．

1959 年種実形成初期のレンゲ試料の各部につき，その重量および粗蛋白質の分布を調査した結果は Table 6 のとおりである．

Table 6.　Distribution of Crude Pratein of Chinese Milk-Vetch in the early Stage of the Seed Maturity

	Weight (g)	Weight Rate (%)		Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude protein (Dry matter basis) (%)	Crude protein Quantity	Crude protein Distribution (%)	
Blades	383.3	20	69	84.6	5.59	36.2	21.43	39	62
Petiole	219.1	11		89.3	1.56	14.6	3.42	6	
Stems	747.3	38		90.0	1.22	12.1	9.12	17	
Flower (with bracts)	97.7	5	31	84.4	4.56	29.3	4.46	8	38
Peduncle	297.4	15		85.1	1.95	13.1	5.80	10	
Pods	219.7	11		83.2	4.91	29.1	10.79	20	
Total	1,964.5						55.02	100	

この結果は粗蛋白質の含量は，葉身・花に高く，かつ莢も高いことを示している．分布は葉身・莢に多い．茎の絶対量は他部に比較してもつとも多い．種子が形成されるに従つて，莢の部分に窒素が集積することは，レンゲの生理上にも意義あることゝ推察される．

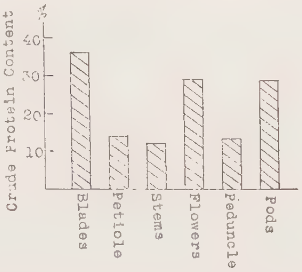


Fig. 3　Crude protein content of chinese milk-vetch on the early stage of the seed maturity.

Ⅱ．エンシレージ調製と品質及び消化率

A. 実　験　方　法

実験サイロは中に起る変化の状況を観察するのに便にするため，ガラス製シリンダー（25 cm × 59 cm）を使用した．次のように3区に分つてつめこみ，比較した．なお4区は小型サイロ（136 cm × 273 cm；4.5尺 × 9尺）をつかつた．

a）半気密区．前記栽培のレンゲを5月3日（満開直前）に刈りとり，3 cm 前後に細切して25 kg 直ちにつめこんだ．ビニールを以て被い，木製蓋をした後，おもしをせず，発生したガスをなるべく逃さないために容器の表面からさらにビニールカバーをもつて被い，糸でかたくしばつて，気密状態になるように工夫し，滲出液は多少初期に溢れて失われたが，汲みとることはしなかつた．

b）軽い日乾区．前者と同一細切材料 40 kg を日乾して 19,115 kg に至るまで乾燥した．この操作によつて 90.3 %の水分含量のものが，79.6 %になつた計算になる．常法によつて封じ，33.9 kg のおもしをのせた．滲出液は，一定期間を置いてとり除き分析用に供した．埋蔵後 110 日目（8月21日）に開き品質を鑑定し，一般分析，消化試験用に供した．

c）6月3日刈取区．1958年6月3日種子成熟初期のものを刈りとり，細切して 11 kg つめこむこと前2者と同様にした．被覆はビニールカバーをもつてし，34 kg のおもしをのせた．95日目に開封して実験用に供した．

d）無細切区．前記材料と同一圃場において，5月20日（満開過ぎ10日）刈りとり，1日圃場において日乾し，これを細切せず，普及型サイロ（136 cm × 273 cm；4.5尺 × 9尺）に3名でふみこみながらつめこんだ．サイロの上縁より 10 cm のところまでつめこみ，ビニールカバーを被い，さらにその上にムシロをおき約 180 kg のおもしをのせた．雨露を防ぐためトタンをもつて屋根をしたが，十分とはいえなかつた．

つめこみ後温度・沈下の状態などを測定して，醗酵経過などを調査し，でき上つたエンシレージの品質を鑑定し，さらに家兎をもつて消化試験を行つた．

B. 実験結果及び考察

1．でき上りエンシレージと品質

埋蔵材料の分析結果は Table 7 のとおりである．

5月20日の刈りとり，日乾した試料の粗蛋白質の人工消化率は，他の2者に比較してやゝ劣る結果を示した．

実験サイロにおいて行つた醱酵温度の測定結果は，16.5～21.9°C の間にあり，略気温に近く，

Table 7. Chemical Composition of Chinese Milk-Vetch (Ensiled Material) (%)

Date of reaping	Moisture	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fibre	Crude ash	True protein	$\frac{T.P.}{C.P.}\times 100$	Artificial digestibility of crude protein
May 3	90.27	2.15	0.44	4.45	1.56	1.13	1.60	71	66
June 3	82.30	3.39	0.54	7.00	4.84	1.93	2.42	71	58
May 20	87.94	3.03	0.31	4.85	3.16	0.71	2.24	74	55

低温醱酵の行われたことが知られた．

半気密（無重石）区は，つめこみの当初より汁液を生じ，2日目には汁液が多くなり，呼吸並びに醱酵作用によつて生じたガス圧により，サイロ外に流出する状態を示した．5日目までのガスの発生は著しいことが観察された．材料は4日目に変色，17日目に至つてやや褐色の度を増した．埋蔵後16〜30日間に，壁面2〜3カ所にカビを見出したが，増殖する傾向は認められなかつた．

日乾埋蔵区は，2日目よりガスが発生し，埋蔵後21日目まで続いた．埋蔵後5日目より明らかな変色を開始し，9日目で完全にエンシレージ固有の色に変つた．埋蔵後28日目に，特有の香が感じられた．この間19日目にわずかのカビが壁面に観察された．

6月3日刈取埋蔵区は，3日目より変色し，9日目に完全に固有の色に変つた．つめこみ後17日目に表層が暗褐色となつた．22日目にカビが観察された．

普及型サイロの温度並びに沈下量の測定の結果は，埋蔵後1週間はその深さによつて温度がちがい，上層ほど温度が高かつた．これは加圧不十分のため，材料間に残された空気が多く，呼吸作用がさかんに行われた結果で，少なくとも上層については高温醱酵に近い状態を呈するものと推察された．しかし醱酵がすすみ，沈下するに従い，1週間位にして，サイロ内は温度が均一になつた．

実験サイロ調製の三ツの区のエンシレージについて，その収量を調査した結果は Table 8 のとおりである．

Table 8. Yield of Silage

Lot	Duration of ensiling		Density (just after the ensiling)	Yield		Density	
				Weight	Volume	g/cm³	kg/(30cm)³
		days	kg/(30cm)³	%	%		
a) Semiairtight	May 3 to Aug. 22, 1958	111	25.91	91	94	0.90	25.04
b) Wilted slightly	May 4 to Aug. 22, 1958	110	25.09	87(42)	75	1.04	29.02
c) Cut on June 3	June 3 to Sep. 6, 1958	96	15.92	95	61	0.90	24.92

この結果は容積的には，重石をしなかつたものは，わずかに6%の減少であるが，軽日乾埋蔵区では，25%，6月3日刈取埋蔵区では40%に及んだ．

次に pH の測定・有機酸の定量などを行い，品質を鑑定した結果は，Table 9 のとおりである．なお開封後つかい残つた底の部分をサイロ内にそのまゝ残し，封じて5カ月間保存した後，その品質が如何に変化するかを調査した結果は Table 10 のとおりである．

この結果は軽日乾区が品質がもつともよく，優を示した．6月3日すなわち種子成熟初期刈りとり埋蔵のものが品質がもつとも劣つた．このような材料では消化率も劣つてくるものと考えられ，また埋蔵材料としても不適当なものになつてくることが示されている．しかして刈取後，直ちに埋蔵し，可及的ガスをもらさないように被覆した区では，表層のわずかの部分が品質が劣る

Table 9. Quality of the Experimental Silages of Chinese Milk-Vetch

Lot	Layer	Dry matter (%)	Organic acid				Total N	NH_3-N	$\frac{NH_3-N}{T.N.}\times 100$	pH	Mark
			Lactic	Acetic	Butyric	Total					
a) Semiairtight	Top	1.41	0.17	0.68	0.91	1.76	0.45	0.08	18	4.91	10 Inferior
	Middle	11.0	1.42	0.63	0.03	2.08	0.39	0.02	5	4.05	75 Good
	Lower	12.2	1.38	0.72	0.00	2.10	0.41	0.03	7	3.85	75 Good
	Mean	12.4	0.99	0.68	0.31	1.98	0.42	0.04	10	4.27	53 Sutisfactory
b) Wilted slightly	Top	24.2	2.44	0.50	0	2.94	0.84	0.04	5	4.05	95 Excellent
	Middle	23.6	2.85	0.73	0	3.58	0.82	0.06	7	4.15	95 Excellent
	Lower	22.4	2.45	0.75	0	3.20	0.85	0.06	7	3.78	88 Excellent
	Mean	23.4	2.58	0.65	0	3.24	0.84	0.05	6	3.99	93 Excellent
c) Cut on June 3	Top	23.2	0.23	0.98	1.27	2.48	0.61	0.12	20	4.80	10 Inferior
	Middle	21.0	0.34	0.74	1.79	2.87	0.63	0.09	14	4.60	10 Inferior
	Lower	20.4	0.37	0.59	2.20	3.16	0.58	0.13	22	5.40	10 Inferior
	Mean	21.5	0.31	0.77	1.75	2.84	0.16	0.11	19	4.93	10 Inferior

Table 10. Quality of Chinese Milk-Vetch Silage in the Five Months of Opening Silo

Lot	Layer	Dry matter	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total	Total N	NH_3-N	$\frac{NH_3-N}{T.N.}\times 100$	pH	Mark
a) Semiairtight	Bottom	15.0	0.85	0.47	0	1.32	0.37	0.03	8.1	4.05	80 Good
b) Wilted slightly	Bottom	20.0	1.50	0.50	0	2.00	0.73	0.05	6.8	4.14	88 Excellent
c) Cut on June 3	Bottom	20.0	0.17	0.40	1.10	1.67	0.43	—	—	4.85	10 Inferior

のみで，概して品質の良好であつたことは，調製技術の上に注目すべき点である．90 %程度の水分をもつ材料を直ちにつめこむ場合は，おもしをせずに，生成されるガスを可及的に逃さないような工夫ができれば，比較的良質のエンシレージが得られることが示唆されている．この点については，一般のサイロにて，さらに実験を行つてみる必要がある．

開封使用後，被覆，おもし等を厳にして5カ月間保ち，その品質を調査した結果は，大差を生じないことを Table 10 から知られる．すなわち一度でき上つたエンシレージは被覆・おもしなどを確実に行えば，製品の品質に余り変化がないことがわかり，さきに著者らの1人が報告したことを，さらに裏付けるものである(2)．

次に普及型サイロ調製のエンシレージ（不細切区）についてつめこみ後3日目に被覆したビニールカバーをとり，表層のすでに変色（オリーブ色，表面より 5 cm のところ）した部分をとり，分析し醱酵の状態を調査した結果は Table 11 のとおりである．

Table 11. Quality of Silage in two days after the Ensiling

Lot	Dry Matter	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total	Total N	NH_3-N	$\frac{NH_3-N}{T.N.}\times 100$	pH	Mark
	%	%	%	%	%					
d) No chopping	22.0	1.53	0.38	0	1.91	0.59	0.04	6.8	4.39	45

これによると pH はすでに4.39を示し，乳酸は1.53％に達し，酪酸醗酵はまだ行われていないことがわかる．

つめこみ後180日目に開き，分析用に供したが，でき上り製品を上・中・下層の3層に分ち，上層は表面と，表面より 10 cm 下位，中・下層は中央部と，周縁部とに分つて分析した．その結果は Table 12 のとおりである．

Table 12. Quality of Chinese Milk-Vetch Silage in 179 days after the Ensiling

	Lot Layer		Dry matter	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Total	Total N	NH_3-N	$\frac{NH_3\text{-}N}{T.N.}\times 100$	pH	Mark
d) No chopping	Top	Surface	18.8	0.16	0.62	1.28	2.06	0.69	0.14	20.3	4.88	4
		10 cm from the surface	15.0	0.16	0.51	1.49	2.16	0.56	0.14	25.0	4.89	2
	Middle	Side	15.0	0.23	0.23	0.83	1.29	0.42	0.08	19.0	5.00	6
		Middle	15.6	0.10	0.17	0.61	0.88	0.33	0.05	15.2	5.00	4
	Lower	Side	18.8	0.23	0.25	1.26	1.74	0.55	0.12	21.8	5.03	6
		Middle	16.4	0.15	0.15	0.74	1.04	0.39	0.06	15.4	4.85	6
	Mean		16.6	0.20	0.32	1.04	1.53	0.49	0.09	19.5	4.94	5

このエンシレージのでき上り品質は不良であつた．この原因の主なものは，細切しなかつたにも拘らず，踏圧が不十分であつたこと，押ぶたをしなかつたため被覆状態が不十分であつたことなどが考えられる．

でき上り部位別の品質は，上・中・下層，その中央部及び周縁部の品質は何れも劣等で，ほとんど差がない．これは著者らが中型サイロにおいて得た結果[3]と同様であることを示している．

2. でき上りエンシレージの消化試験

まず1，2，3，4号の家兎を，1，2号2頭を1組，3，4号2頭を1組とし，前組にa）半気密区試料，後組にb）軽日乾区試料を給与して，常法によつて消化試験を施行した．本試験を10日間とし，a）区では1日一頭450 g，b）区では1日1頭245 g ずつを給与した．またc）区，b）区（普及型サイロ調製）の試料についても，それぞれ1，2号の家兎をもつて本試験7日間の消化試験を施行した．（c区試料1日1頭 270 g，d区試料1日1頭 417 g，平均給与）その結果の要約は Table 13 のとおりである．

Table 13. Digestibility of the Chinese Milk-Vetch Silages (%)

Lot		Moisture	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fibre	Crude ash	Organic matter	True protein
a)	Chemical composition	91.59	2.19	0.71	2.71	1.74	1.06	7.35	0.84
	Digestibility	—	75.3	70.3	68.1	41.6	—	64.2	36.4
	Digestible nutrient	—	1.65	0.50	1.85	0.72	—	4.72	0.31
b)	Chemical composition	80.87	4.59	1.38	6.82	4.02	2.32	16.81	2.47
	Digestibility	—	68.7	69.6	63.1	33.9	—	58.2	44.3
	Digestible nutrient	—	3.15	0.96	4.30	1.36	—	9.78	1.09
c)	Chemical composition	83.41	2.76	0.76	5.38	5.67	2.02	14.57	1.96
	Digestibility	—	37.9	49.0	28.3	16.4	—	26.8	16.0
	Digestible nutrient	—	1.05	0.37	1.52	0.93	—	3.90	0.31

d)	Chemical composition	86.28	2.56	0.95	4.36	4.20	1.65	12.07	1.95
	Digestibility	—	54.40	65.40	40.40	22.00	—	38.90	41.40
	Digestible nutrient	—	1.39	0.62	1.76	0.92	—	4.50	0.81

この結果より乾物に対する可消化粗蛋白質および養分総量を求めた結果は Table 14 のとおりである．

Table 14. Digestible Crude Protein and Total Digestible Nutrient of Chinese Milk-Vetch Silages (%)

Lot	Digestible crude protein	Total digestible nutrient	Date of cutting of material
a) Semiairtight	19.6	63.6	May 3, 1958
b) Wilted slightly	16.5	57.3	Ditto
c) Cut on June 3	6.3	26.1	June 3, 1958
d) No chopping	10.1	39.9	May 20, 1958

この結果をみると，半気密（無重石被覆）区試料の消化率がもつともよい．軽日乾区のものは，品質は前者よりまさつているが，消化率の点ではやゝ劣つている．不細切（普及型サイロ調製試料）区はこれに次ぎ，6月3日刈取り埋蔵のものはもつとも劣つた．すなわち一般に植物の生育期が進むに従つて，生草では消化率が劣つてくるが，これらが埋蔵されても同じ傾向を示す．

またレンゲ生草を家兎に与えて消化率を測定した結果に比較して[4]，エンシレージの場合は低い価を示している．

[illegible]刈りとつて埋蔵したエンシレージは，乾物換算において，D.C.P. 及び T.D.N. において，フスマ以上の価を示している．乾草調製の場合と同様に，適期刈り埋蔵の重要なことを示している．

Table 1 及び 8 において得た価を用い，10 a (反) 当りの養分収量の関係を仮に計算してみると，Table 15 のとおりである．

Table 15. Yield of Nutrients of Silage per 10 a

Date of reaping	Digestible crude protein		Total digestible nutrients	
	Yield (kg)	Ratio	Yield	Ratio
May 3, ensiled	75.2	100	243.9	100
May 3, ensiled after wilting	66.0	87	228.8	94
June 3, ensiled	32.9	44	135.6	56

これによると日乾埋蔵のものは，半気密（無重石被覆）区に比較して，その養分収量がやゝ劣る結果を示している．6月3日刈取り（種子形成初期）区に至つては，生草収量の低下と，消化率の低下とが相俟つて，養分の収量は適期刈りのものに比較して半ないしそれ以下にも下るのである．

次に埋蔵中の各養分毎の損失を，実験サイロの3区について示すと，Table 16 のとおりである．

この結果をみると，埋蔵中の有機物の損失は半気密区・軽日乾区・6月3日刈取埋蔵区の順に多く，前2者の損失は20％前後で，標準に近い値とみなすことができる．但し粗蛋白質の損失の順は逆になつている．

Table 16. Losses of Nutrients during the Storage (%)

Lot	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N.F.E.	Crude fiber	Crude ash	$\frac{\text{True protein}}{\text{Crude protein}} \times 100$
a) Semiairtight	21	22	7	−47	44	− 2	14	38
b) Wilted slightly	18	18	11	−31	36	− 7	14	54
c) Cut on June 3	11	12	22	−34	27	−12	− 9	71

また日乾埋蔵区より生じた滲出液を分析し，かつ埋蔵全養分に対する損失割合を計算した結果は Table 17 のとおりである.

Table 17. Chemical Composition of Oozed Juice from the Ensilage and Losses of Nutrients (%)

Lot		Dry matter	Organic matter	Nitrogen	Crude ash	as Crude protein
b) Wilted slightly	Chemical Composition	7.54	5.64	0.38	1.89	(2.38)
	Losses of Nutrients	1.37	1.16	1.95	2.94	1.95

滲出液による乾物の損失は 1.4 %で，窒素の損失は 2 %である. アメリカで普通サイロで行った実態に比較して少ない値である[5].

Ⅲ. エンシレージの水溶性窒素と人工消化率

エンシレージの pH と乾燥エンシレージの全窒素に対する水溶性窒素の比率は関係があることが指摘されている[16]. すなわち品質とも何らかの関係があると思われるので，本研究で得た試料（乾燥エンシレージ）の水溶性窒素を求めた. その結果は Table 18 のとおりである.

Table 18. The Relation between the water soluble Nitrogen Content in Dried Silage and Quality

Chinese Milk-Vetch silage	pH of fresh silage	Class	Nd	Nw	Ns	$\frac{\text{Ns}}{\text{Nd}} \times 100$	Date of reaping of Chinese Milk-Vetch
a) Semiairtight	3.85	Good	0.0380	0.0130	0.0250	65.7	May 3
b) Wilted slightly	3.78	Excellent	0.0357	0.0170	0.0186	52.1	May 3 (Wilting)
c) Cut on June 3	4.85	Inferior	0.0244	0.0175	0.0069	28.4	June 3
d) No chopping	5.00	Inferior	0.0281	0.0211	0.0070	24.8	May 20

Nd : Total nitrogen in the dried silage 1 g
Nw : Water insoluble nitrogen in the dried silage 1 g
Ns : Water soluble nitrogen in the dried silage 1 g

この結果によると，品質のよいものは，品質の劣るものに比較して，水溶性窒素の多いことが認められる. この結果は前記消化率に平行していることが知られる. なおこの点については，材料の刈取期という因子も含めて考察する要があろう.

次に pH と Wedemyer 氏法によるペプシン消化率との間にも関係があるといわれている[6]. これらの数値を求めて，実際の消化率並びに Watson 氏の提案している式 (D.C.P.＝0.82×Crude protein−2.42)[7] による計算値とも比較した結果は Table 19 のとおりである.

Table 19. The relation between the Quality and the Digestibility (Chinese Milk-Vetch Silage)

	pH	Class	Crude protein (On the dry matter basis)	Digestibility of crude protein (found)	Np/Nd	Digestibility (WATSON)	Digestibility (DIJKSTRA)
a) Semiairtight	3.85	Good	2.19 (26.04)%	75.3*%	75.8%	72.7%	82.3%
b) Wilted slightly	3.78	Excellent	4.59 (23.99)	68.7	63.2	71.9	80.4
c) Cut on June 3	4.85	Inferior	2.76 (16.64)	37.9	47.8	67.4	64.6
d) No chopping	5.00	Inferior	2.56 (18.66)	54.4	38.7	69.0	69.0

* On rabbits

この結果によると，品質の良好な場合は，WATSON 氏の計算式は実測値に比較的近い値を示すが，品質の劣る場合は計算値の方が甚だしく高く表われる．DIJKSTRA 氏[8]の計算式〔低温醱酵；品質の良好な場合 $V=1,043(x-15)+0.065(m-12)+9.89$，品質の余りよくない場合 $V=1,043(x-15)+0.075(m-12)+9.04$〕による値は，品質良好な場合は WATSON 氏の式の場合よりも高い値を示し，品質の劣る場合にも，実測値より高い値を示した．その価は WATSON 氏の式による値にほゞ類似している．

アミノ態窒素とアンモニヤ態窒素との関係．細切試料 100g をとり，蒸溜水 100 *ml* を加えて十分攪拌後12時間静置し，濾液を得，この濾液について pH を測定し，アンモニヤ態窒素並びにアミノ態窒素を定量した[9]．

Table 20. The Relation between the Amino Nitrogen and Ammoniacal Nitrogen of Chinese Milk-Vetch Silage

	pH	Dry matter	Total nitrogen in fresh silage	Amino N	Per cent of Amino N to the Total N	Percent of NH_3-N to the Total N	Amino N / Ammoniacal N
a) Semiairtight	4.05	15.0	0.37%	89.8 mg%	24.4%	8.2	3.0%
b) Wilted slightly	4.14	20.0	0.73	213.4	29.2	6.9	4.2
c) Cut on June 3	4.85	20.0	0.43	10.0	2.3	—	—

この結果は，良質のエンシレージは（pH の小さいものは），品質の劣るものに比較して，全窒素に対するアミノ態窒素の比率が大きいことが知られる．また品質悪い場合の NH_3-N の値を欠くのではっきりした結論を得られないが，品質のよいものは悪いものよりも Amino N/NH_3-N の価が高いのではないかと推察される．実験例が少ないので，さらに試料を加え，また材料の時期別見知よりもさらに検討する必要があるが，この比率の大小は，品質をあらわす一指標となるであろうことを推察させるもので，その傾向は WATSON 氏ら[10]の示しているところと一致するものである．

IV. 総　　括

(1) 水田裏作のレンゲを，4月16日（開花前）から6月3日（種子成熟初期）に至る間に8回坪刈（3.3 m²）を行って収量などを調査した結果，固形物・粗蛋白質の収量は，開花9分程度から満開花2～3日の間に最高になるものと推察された．

(2) 満開花期レンゲの粗蛋白質の含量は，葉40.5，茎12.4，花28.6％であつた．その部位別分布は，葉・茎・花においてそれぞれ47.3，44.7，8.0％であつた．

粗蛋白質のペプシン消化率は，葉64.4，茎64.8，花71.3％であつた．

種実形成初期の，莢の粗蛋白質含量は，乾物中29％で花のそれとほゞ等しかつた．

(3) エンシレージの調製試験では，軽日乾埋蔵区がもつとも優秀で，半気密区がこれに次ぎ良好であつた．刈取期の遅れた（6月3日刈取）材料では，良質のエンシレージが得られなかつた．

軽日乾埋蔵区のエンシレージは pH 3.99，乳酸2.58％，酢酸0.66％を含み，酪酸を含まなかつた．

(4) 調製エンシレージの家兎による消化試験の結果は，有機物の消化率が，半気密（被覆）区64.2％，軽日乾埋蔵区58.2％，6月3日刈取埋蔵区26.8％，不細切（5月20日刈取埋蔵）区38.9％であつた．

(5) 埋蔵中の有機物の損失は，材料に対し20％程度であつた．

(6) エンシレージ乾燥試料の水溶性窒素の全窒素に対する割合は，品質のよいものは，品質の劣るものよりも高かつた．

(7) 粗蛋白質の家兎による消化率と，WATSON 氏の式による計算値を比較した場合，良質のエンシレージでは，比較的近い値が得られたが，品質の劣るものでは，計算値が実測値よりも大きいことが知られた．

(8) 品質のよいエンシレージは，品質の劣るエンシレージに比較して，全窒素に対するアミノ態窒素の割合が高かつた．

本研究を施行するに当り，実験材料を提供され，種々便宜を与えられた本学部附属農場奥島吏郎氏，実験上種々協力された内田仙二氏に深い感謝の意をあらわす．

文　献

1) BARNETT, A.J.G. (1954) : Silage Fermentation, Cit. 135.
2) SUTOH, H. (1958) : Okayama-Daigaku-Nôgakubu, Gakujutsu-Hôkoku, **13**; 78～79.
3) SUTOH, H. et al. (1960) : Okayama-Daigaku-Nôgakubu, Gakujutsu-Hôkoku, **16**; 53～64.
4) MORIMOTO, H. (1950) : Chikusan-Shikenjô-Hôkoku, **57**; 25.
5) SUTOH, H. (1960) : Silage no Chôsei to Riyôhô, In'yô, 56.
6) BARNETT, A.J.G. (1954) : Silage Fermentation, 189～190.
7) WATSON, S.J. et al. (1956) : Silage, 113.
8) DIJKSTRA, N.D. (1949) : Versl. Rijkslandb Proefst., 's Grav., **55**; 15.
9) Todai-Nôka-Kyôshitsu (1952) : Jikken-Nôgeikagaku (1), 109～110.
10) WATSON, S.J. (1956) : Silage, 111.

学 術 報 告 編 集 委 員

安 田 勲
米 田 茂 男
須 藤 浩
岩 村 通 正
福 田 稔

岡山大学農学部学術報告 第17号

昭和36年3月10日印刷
昭和36年3月15日発行

編輯兼発行者 岡山市津島 岡山大学農学部

印刷所 岡山市上伊福190の1 岡山県農協印刷株式会社